

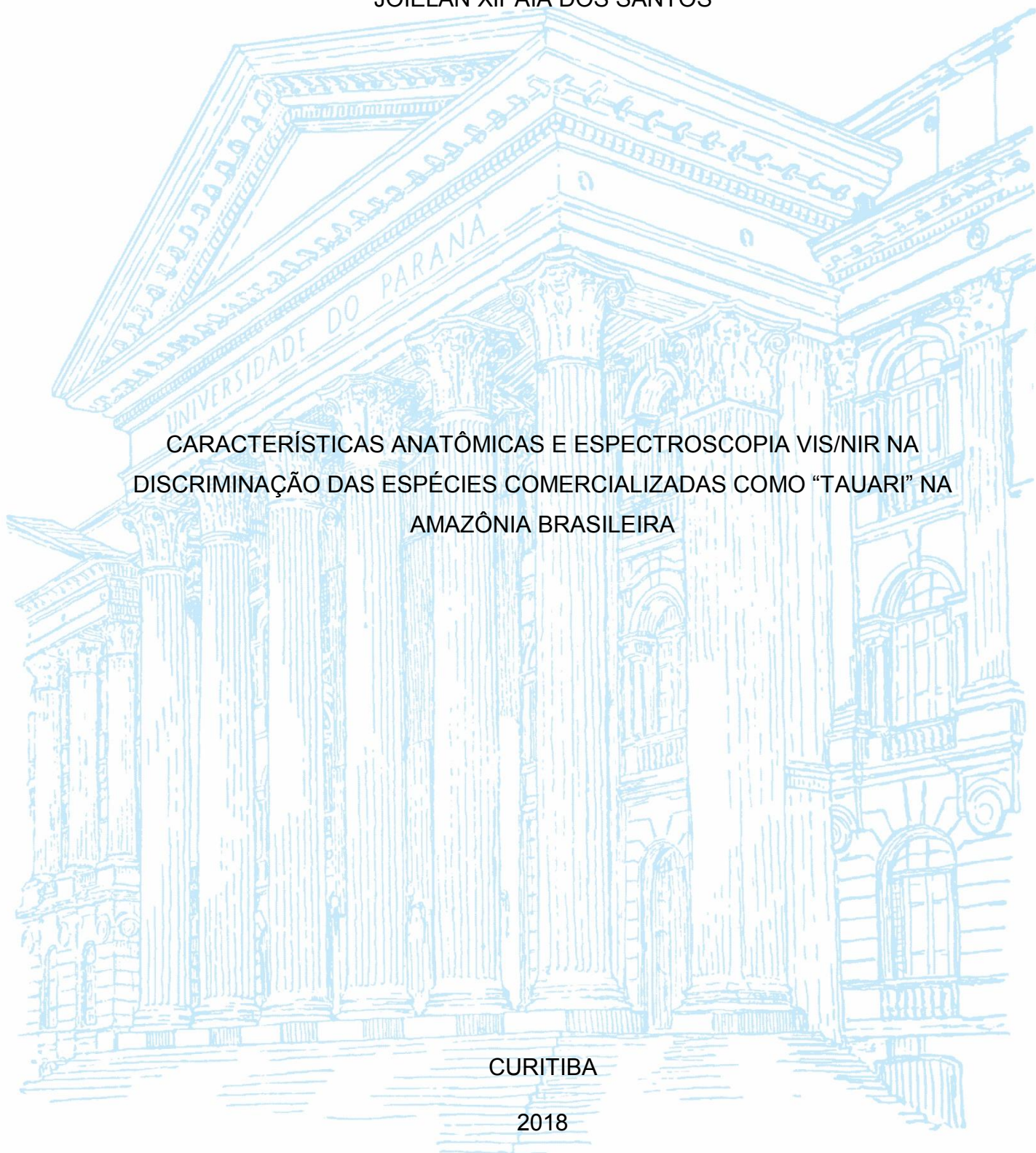
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOIELAN XIPAIA DOS SANTOS

CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E ESPECTROSCOPIA VIS/NIR NA  
DISCRIMINAÇÃO DAS ESPÉCIES COMERCIALIZADAS COMO “TAUARI” NA  
AMAZÔNIA BRASILEIRA

CURITIBA

2018



JOIELAN XIPAIA DOS SANTOS

CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E ESPECTROSCOPIA VIS/NIR NA  
DISCRIMINAÇÃO DAS ESPÉCIES COMERCIALIZADAS COMO “TAUARI” NA  
AMAZÔNIA BRASILEIRA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Silvana Nisgoski  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Graciela Inês Bolzon Muñiz.

CURITIBA

2018

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira – UFPR

Santos, Joielan Xipaia dos

Características anatômicas e espectroscopia vis/nir na discriminação das espécies comercializadas como “tauari” na Amazônia Brasileira / Joielan Xipaia dos Santos. – Curitiba, 2018.  
155 f. : il.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvana Nisgoski

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Graciela Inês Bolzon Muñiz.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 20/02/2018.

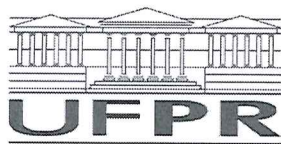
Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Madeira – Amazônia. 2. Madeira – Anatomia. 3. Espectroscopia de infravermelho. 4. Colorimetria. 5. Teses. I. Nisgoski, Silvana. II. Bolzón de Muñiz, Graciela Inês. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.811(811)

Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA  
FLORESTAL

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **JOIELAN XIPAIA DOS SANTOS** intitulada: **CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS E ESPECTROSCOPIA VIS/NIR NA DISCRIMINAÇÃO DAS ESPÉCIES COMERCIALIZADAS COMO ?TAUARI? NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 20 de Fevereiro de 2018.

  
SILVANA NISGOSKI

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

  
PATRICIA SOFFIATTI

Avaliador Externo (UFPR)

  
MAYARA ELITA CARNEIRO

Avaliador Interno (UFPR)



**À Deus e minha família Xipaya.**

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, Professora Silvana Nisgoski, pelo total apoio, liberdade e contribuições valiosas ao desenvolvimento deste trabalho, pela confiança e credibilidade a mim depositada.

À minha Coorientadora, Professora Graciela Inês Bolzon de Muñiz, pelas valiosas contribuições e sugestões a este trabalho.

Ao professor Alisson Rodrigo Souza Reis, por reforçar minhas crenças na Anatomia e identificação de madeira.

À minha joia preciosa, minha mãe Maria Lúcia Xipaia de Carvalho e meu pai Francisco Curuaia Mendes pelo apoio incondicional nessa longa jornada, pela compreensão nos momentos de ausência. Obrigada pelo esforço para que eu pudesse superar cada obstáculo e, principalmente, pelo amor incondicional. A vocês, minha família, sou eternamente grata por tudo que sou, que consegui conquistar e pela felicidade que tenho.

Aos meus irmãos, Kwazady Xipaia, Juma Xipaia, Jumara Xipaia e Lucinei Xipaia pelas inúmeras brigas, mas também pelos momentos felizes que tivemos juntos, que fizeram desta jornada não somente um período de crescimento profissional, mas também de crescimento pessoal.

Ao Deivison Venicio Souza por todo o amor, apoio e companheirismo ao longo de toda essa jornada.

Aos amigos do laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM), Eliane Lopes da Silva, Tawani Lorena Naide, Amanda Carolina Ribas Leão, Helena Cristina Vieira e Rafaela Stange, pela amizade, apoio nas diversas atividades desenvolvidas e pelo conhecimento e momentos de descontração compartilhados.

Aos amigos Vinicius Coutinho, Kelvin Rodrigues, Aurélio Lourenço Rodrigues, Dhyone Schinemann, Tauane G. Barreto, Linamara Ferrari, Myrcia Minatti, Mara Monteiro e Edir Dumaszk por todos os momentos repartidos e por mostrarem que não há barreiras de áreas de pesquisa e regiões de origem à verdadeira amizade.

Aos amigos Cassio Melo, Alex Soares e Kananda Moraes pela companhia e por todo o apoio no desenvolvimento das atividades em Campo.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi e à Embrapa Amazônia Oriental, por disponibilizar as amostras de madeira de “tauari” e, possibilitar o desenvolvimento deste estudo.

À Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal pela honra de poder estudar na instituição de ensino florestal mais antiga do país e que tantas conquistas proporciona à ciência florestal no Brasil.

Ao CNPq pela bolsa de estudo.

Finalizo meus agradecimentos a Deus, por colocar pessoas tão especiais em mais esta etapa da minha vida. Sem aquelas certamente nada disso seria possível. Obrigada Deus por estar sempre comigo e por ter me dado a oportunidade de ter nascido com sangue indígena e também pela fé que deposita em meu coração.

*“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”*

**Theodore Roosevelt.**

*“Se soubesse que o mundo se acabaria amanhã, eu ainda hoje plantaria uma  
árvore.”*

**Martín Luther**



## RESUMO

Tauari é a denominação popular das madeiras provenientes de várias espécies da família Lecythidaceae, as quais estão entre as mais exploradas na Amazônia Brasileira. O padrão fenológico destas espécies é, voluntária ou involuntariamente, mal conhecido devido, em parte, ao compartilhamento de características com outros gêneros. Por outro lado, à má identificação nos inventários florestais e ao uso de vários nomes vernaculares sob a mesma espécie. Esta dissertação teve como objetivo geral discriminar as espécies de tauari comercializadas nos principais pólos madeireiros do estado do Pará, por meio das técnicas de identificação anatômica, espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e colorimetria. Os dados foram coletados no período de junho a julho de 2016, as amostras de madeira pertencente ao grupo tauari, foram obtidas em 15 serrarias de 10 municípios do estado do Pará. A pesquisa baseou-se no estudo de Veríssimo et al. (2002), que estabeleceram quatro zonas madeireiras no Pará, tendo por base as tipologias florestais, a idade da fronteira madeireira e as condições de acesso. A identificação das amostras de madeiras, em nível de espécie, foi feita através de análises da estrutura anatômica macro e microscópica no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Dados das espécies de tauari do acervo da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental, foram comparados com as amostras dos pólos madeireiros. A análise da estrutura macro e microscópica, do lenho das amostras, foi realizada de acordo com as normas da International Association of Wood Anatomists (IAWA, 1989), na chave de identificação baseada em caracteres gerais (Intkey) e nas fichas de descrições anatômicas da (Coleção Walter A. Egler) Museu Paraense Emílio Goeldi. A determinação da cor foi realizada em todas as amostras de madeira de “tauari” tanto das Xilotecas quanto dos pólos madeireiros, por intermédio do sistema CIELAB (1976) avaliando-se as três direções de corte da madeira: transversal (T), tangencial (L1) e radial (L2), totalizando 774 medidas na região do espectro visível, no intervalo de 360 a 740nm. Os espectros do NIR foram obtidos em um espectrômetro Tensor 37 com o auxílio de uma esfera de integração de reflectância difusa, na faixa de 4000 a 10.000  $\text{cm}^{-1}$ , com resolução 4  $\text{cm}^{-1}$  e 64 de varreduras. A aquisição dos espectros foi realizada também diretamente em todas as amostras de madeiras sólidas. Além disso, foram testados os espectros originais do NIR com a segunda derivada em conjunto com os métodos de classificação de Análise Linear Discriminante baseada nos escores da Análise de Componentes Principais (PCA-LDA) e a classificação SIMCA (Soft Independent Model of Class Analogy) no software Unscrambler X (versão 10.1). O agrupamento de diversas espécies madeireiras comercializadas no estado do Pará sob o mesmo nome de “tauari” ficou evidenciado. Este grupo de fato é considerado emblemático, devido à semelhança tanto em nível macro quanto microscópico. Portanto, dada a complexidade de separação dos “tauaris” recomenda-se o emprego concomitante da espectroscopia no infravermelho próximo NIR e colorimetria, aliada com a identificação anatômica.

Palavras-chave: Tauari. Anatomia. Parâmetros colorimétricos. Espectroscopia NIR.

## ABSTRACT

Tauari is the popular denomination of wood from several species of the family Lecythidaceae and are amongst the most exploited in the Brazilian Amazon. The phenological pattern of these species is either voluntarily or unintentionally poorly known, due to in part of the sharing of characteristics with other genera and to the bad identification in forest inventories and the use of various vernacular names under the same species. This dissertation had as general objective to discriminate the species of Tauari marketed in the main logging centers of the state of Pará, through the techniques of anatomical identification, near infrared spectroscopy (NIR) and colorimetry. The data were collected from June to July 2016, the samples of wood belonging to the tauari group were obtained from 15 sawmills of 10 municipalities in the state of Pará. The study was based on the study of Veríssimo et al. (2002), who established four timber zones in Pará, based on forest typologies, timber frontier age and access conditions. Identification of the wood specimens at the species level was done through analysis of the macro and microscopic anatomical structure at the Laboratory of Anatomy and Quality of Madeira (LANAQM) of the Federal University of Paraná (UFPR). Data from the Tauari species from the Xiloteca collection (Walter A. Egler Collection) of the Museu Paraense Emílio Goeldi and Embrapa Amazônia Oriental were compared with the samples from the wood poles. The analysis of the macro and microscopic structure of the samples was performed according to the standards of the IAWA (1989) and the identification key based on general characters (Intkey) and on the anatomical descriptions of the (Walter A. Egler Collection) Museu Paraense Emílio Goeldi. The determination of the color was carried out in all samples of "tauari" wood from both the Xilotecas and the wood poles, through the CIELAB system (1976). The color measurements were random in the three cutting directions of the wood: transversal (T), tangential (L1) and radial (L2), totaling 774 measurements in the region of the visible spectrum, in the range of 360 to 740nm. The spectra of the NIR were obtained in a Tensor 37 spectrometer with the aid of an integrating sphere, through diffuse reflectance, in the range of 4000 to 10,000  $\text{cm}^{-1}$ , with 4  $\text{cm}^{-1}$  resolution and 64 scans, acquisition of the spectra was also performed directly on all samples of solid wood. In addition, the original and second derivative spectra were tested in conjunction with the Discriminant Linear Analysis classification methods based on the Principal Component Analysis (PCA-LDA) scores and the SIMCA (Soft Independent Model of Class Analogy) classification in the software Unscrambler X (version 10.1). In relation to the grouping of several timber species commercialized in the state of Pará under the same name of "tauari" was evidenced. This group is in fact considered emblematic, due to the similarity at both macro and microscopic levels. Therefore, given the complexity of separation of "tauaris" it is recommended the use of infrared spectroscopy near NIR and colorimetry, allied with anatomical identification.

**Keywords:** Tauari. Anatomy. Colorimetric parameters. NIR spectroscopy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO 1

- FIGURA 1.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE COLETA NO ESTADO DO PARÁ .....30
- FIGURA 1.2 - *CEDRELA* SP., (A), *ERISMA UNCINATUM* (B), *COURATARI OBLONGIFOLIA* (C), *COURATARI STELLATA* (D), *COURATARI GUIANENSIS* (E) E *ESCHWEILERA* SP., (F). ANÁLISE MACROSCÓPICA NA SEÇÃO TRANSVERSAL DE TODAS AS ESPÉCIES .....40
- FIGURA 1.3 - *COURATARI OBLONGIFOLIA*. SEÇÃO TRANSVERSAL (A, B), TANGENCIAL (C, D) E RADIAL (E, F). VASO DE FORMATO CIRCULAR A OVAL (SETA BRANCA) CRISTAIS PRISMÁTICOS NAS CÉLULAS DO PARÊNQUIMA AXIAL (SETA VERDE).....42
- FIGURA 1.4 - *COURATARI STELLATA*. SEÇÃO TRANSVERSAL (A, B), TANGENCIAL (C, D) E RADIAL (E, F). VASO DE FORMATO CIRCULAR A OVAL (SETA BRANCA). PONTOAÇÕES INTERVASCULARES (SETA AMARELA).....44
- FIGURA 1.5 - *COURATARI GUIANENSIS*. SEÇÃO TRANSVERSAL (A, B), TANGENCIAL (C, D) E RADIAL (E, F). VASO DE FORMATO CIRCULAR A OVAL (SETA BRANCA).....46
- FIGURA 1.6 - *ESCHWEILERA* SP. SEÇÃO TRANSVERSAL (A, B), TANGENCIAL (C, D) E RADIAL (E, F) CRISTAIS PRISMÁTICOS NAS CÉLULAS DO PARÊNQUIMA AXIAL (SETA VERDE) 48

### CAPÍTULO 2

- FIGURA 2.1 - CURVA DE REFLECTÂNCIA NO ESPECTRO DO VISÍVEL PARA DIFERENTES ESPÉCIES DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI .....69

FIGURA 2.2 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DO GRUPO TAUARI.....	70
FIGURA 2.3 - CURVA DE REFLECTÂNCIA NO ESPECTRO DO VISÍVEL PARA DIFERENTES ESPÉCIES DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	74
FIGURA 2.4 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA DIFERENTES ESPÉCIES DO GRUPO TAUARI .....	75
FIGURA 2.5 - CURVA DE REFLECTÂNCIA NO ESPECTRO DO VISÍVEL PARA DIFERENTES ESPÉCIES DE MADEIRAS DE TAUARI COLETADAS EM DIFERENTES PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ .....	81
FIGURA 2.6 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA DIFERENTES ESPÉCIES DO GRUPO TAUARI COLETADAS NOS PÓLOS MADEIREIROS DO PARÁ .....	82
FIGURA 2.7 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS PARA TRÊS ESPÉCIES EM COMUM DO ACERVO DAS XILOTECAS (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) DO MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI, EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL E COLETAS EM PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ .....	83
FIGURA 2.8 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AS ESPÉCIES DO GRUPO TAUARI PROVENIENTES DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI E DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL E AS COLETADAS NOS POLOS MADEIREIROS DO PARÁ.....	85

### **CAPÍTULO 3**

FIGURA 3.1 - ESPECTRO MÉDIO POR ESPÉCIE (A) E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (B) PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI.....	96
FIGURA 3.2 - ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI.....	97

FIGURA 3.3 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS POR ESPÉCIE NO PLANO TRANSVERSAL (A) E LATERAL (B) PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI.....	98
FIGURA 3.4 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DO PLANO TRANSVERSAL (A) E LATERAL (B) POR ESPÉCIE E POR PROCEDÊNCIA PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI .....	99
FIGURA 3.5 - ESPECTRO MÉDIO POR ESPÉCIE (A) E (B) ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	100
FIGURA 3.6 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS PARA AS AMOSTRAS DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	101
FIGURA 3.7 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS POR ESPÉCIE NO PLANO TRANSVERSAL (A) E NO PLANO LATERAL (B) PARA AS AMOSTRAS DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	102
FIGURA 3.8 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DO PLANO TRANSVERSAL (A) E DO PLANO LATERAL (B) POR ESPÉCIE E POR PROCEDÊNCIA PARA AS AMOSTRAS DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL .....	103
FIGURA 3.9 - ESPECTRO MÉDIO POR ESPÉCIE (A) E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (B) DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ.....	104
FIGURA 3.10 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ.....	105
FIGURA 3.11 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS POR ESPÉCIE NO PLANO TRANSVERSAL (A) E LATERAL (B) DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ.....	106
FIGURA 3.12 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) POR ESPÉCIE E POR PROCEDÊNCIA NO PLANO TRANSVERSAL (A) E PLANO LATERAL (B) DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ .....	107

FIGURA 3.13 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AS ESPÉCIES DE TAUARI DO MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI E DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL E AS COLETADAS NOS POLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ.....	108
---	-----

## **CAPÍTULO 4**

FIGURA 4.1 - ANÁLISE LINEAR DISCRIMINANTE (LDA) SOBRE DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE COLORIMETRIA QUANTITATIVA.....	125
FIGURA 4.2 - PERCENTUAL DE CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES DENTRO DE CADA PROCEDIMENTO USANDO O MÉTODO PCA-LDA ...	126
FIGURA 4.3 - ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR (LDA) SOBRE DIFERENTES ESPECTROS DO NIR .....	128
FIGURA 4.4 - PERCENTUAL DE CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES DENTRO DE CADA PROCEDIMENTO DE ESPECTROSCOPIA NIR .....	129

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

TABELA 1.1 - ZONAS MADEIREIRAS, VEGETAÇÃO E SOLOS PREDOMINANTES, SERRARIAS E QUANTIDADE DE AMOSTRAS COLETADAS POR MUNICÍPIO NO ESTADO DO PARÁ.....	31
TABELA 1.2 - AMOSTRAS DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI E EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	32
TABELA 1.3 - ESPÉCIES IDENTIFICADAS ATRAVÉS DE ANÁLISES DA ESTRUTURA MACRO E MICROSCÓPICA POR MUNICÍPIO DE COLETA DO ESTADO DO PARÁ.....	35
TABELA 1.4 - CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DAS ESPÉCIES DE <i>COURATARI</i> E <i>ESCHWEILERA</i> .....	49

### CAPÍTULO 2

TABELA 2.1 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR ESPÉCIE, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI .....	63
TABELA 2.2 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI .....	65

TABELA 2.3 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, DENTRO DE CADA SEÇÃO, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI. ....	66
TABELA 2.4 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR ESPÉCIE, DE MADEIRAS DE TAUARI DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL ...	71
TABELA 2.5 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL .....	71
TABELA 2.6 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, DENTRO DE CADA SEÇÃO, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL ..	73
TABELA 2.7 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR ESPÉCIE, DE MADEIRAS DE TAUARI COLETADAS EM DIFERENTES PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ .....	75
TABELA 2.8 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI COLETADAS EM DIFERENTES PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ .....	77
TABELA 2.9 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, DENTRO DE CADA SEÇÃO, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI COLETADAS EM DIFERENTES PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ .....	79



## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>20</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>
	<b>CAPITULO 1 .....</b>	<b>26</b>
	<b>CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DE MADEIRAS COMERCIALIZADAS COMO “TAUARI” NO ESTADO DO PARÁ .....</b>	<b>26</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>26</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>27</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
2.1	LEVANTAMENTO DE CAMPO .....	30
2.2	CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA ANATÔMICA .....	32
2.2.1	Estrutura macroscópica da madeira .....	33
2.2.2	Estrutura microscópica da madeira.....	33
2.3	ANÁLISE DOS DADOS .....	34
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
3.1	ESPÉCIES FLORESTAIS IDENTIFICADAS.....	35
3.2	CARACTERÍSTICAS MACRO E MICROSCÓPICAS.....	36
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
	<b>CAPITULO 2 .....</b>	<b>57</b>
	<b>COLORIMETRIA DE ESPÉCIES COMERCIALIZADAS COMO TAUARI ORIUNDAS DE FLORESTAS DA AMAZÔNIA .....</b>	<b>57</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>57</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>58</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>61</b>
2.1	LEVANTAMENTO DE CAMPO .....	61
2.2	MEDIÇÃO DA COR.....	61
2.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	62
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>63</b>

3.1	COLORIMETRIA DAS AMOSTRAS DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI .....	63
3.2	COLORIMETRIA DAS AMOSTRAS DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL	70
3.3	COLORIMETRIA DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ .....	75
3.4	COMPARAÇÃO ENTRE ESPÉCIES EM COMUM .....	82
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>86</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>
	<b>CAPITULO 3 .....</b>	<b>90</b>
	<b>USO DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIR) NA DISCRIMINAÇÃO DE MADEIRAS DO GRUPO TAUARI ORIUNDAS DE FLORESTAS NATIVAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA .....</b>	<b>90</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>90</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>91</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>92</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>94</b>
2.1	LEVANTAMENTO DE CAMPO .....	94
2.2	OBTENÇÃO E ANÁLISES DOS ESPECTROS .....	94
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>95</b>
3.1	NIR - XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI .....	95
3.2	NIR - XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL .....	100
3.3	NIR – PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ.....	103
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>109</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>110</b>
	<b>CAPITULO 4 .....</b>	<b>113</b>
	<b>COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO ANATÔMICA, COLORIMETRIA E INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIR) NA DISCRIMINAÇÃO DE ESPÉCIES DO GRUPO TAUARI .....</b>	<b>113</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>113</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>114</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>115</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>116</b>

2.1	COLORIMETRIA .....	117
2.2	ESPECTROSCOPIA NIR .....	118
2.2.1	QUIMIOMETRIA.....	118
2.2.2	PRÉ-TRATAMENTOS.....	119
2.2.3	ANÁLISE QUANTITATIVA.....	120
2.2.4	ESPECTROSCOPIA NIR NA IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRA .....	120
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>122</b>
3.1	AMOSTRAS .....	122
3.2	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS ATRAVÉS DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS E ESPECTROS NIR.....	122
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>124</b>
4.1	CLASSIFICAÇÃO SIMCA.....	124
4.2	CLASSIFICAÇÃO PCA-LDA PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS .....	124
4.3	CLASSIFICAÇÃO PCA-LDA PARA OS ESPECTROS NIR .....	126
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>131</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>132</b>
	<b>CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>138</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>139</b>
	<b>APÊNDICE 1 – CLASSIFICAÇÃO SIMCA.....</b>	<b>152</b>
	<b>APÊNDICE 2 – ANÁLISE LINEAR DISCRIMINANTE (LDA) SOBRE DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE COLORIMETRIA QUANTITATIVA</b>	<b>154</b>
	<b>APÊNDICE 3 – ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR (LDA) SOBRE DIFERENTES ESPECTROS DO NIR.....</b>	<b>155</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é considerado um dos países com a maior riqueza florestal do mundo, com destaque para a floresta Amazônica pela gigantesca biodiversidade (FAO, 2011). As atividades econômicas na Amazônia brasileira são formadas por um conjunto de diferentes sistemas de produção, tais como, agrícola, pecuária e principalmente madeireira (VIEIRA et al., 2015). Esse cenário tem chamado a atenção da sociedade científica, pela forma intensa de exploração desordenada dos recursos florestais. Diante desse panorama, o Governo Federal criou como estratégias o uso do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), com intuito de valorizar os produtos e serviços florestais sem a indevida redução de seus valores intrínsecos e produtivos (CARDOSO; SOUZA Jr., 2017).

No entanto, no estado do Pará, assim como no restante da Amazônia brasileira, as experiências de manejo florestal sustentável têm mostrado sérios problemas de execução, resultando em impactos severos ao ecossistema florestal (IBAMA, 2010). Nesse sentido, Gomes et al. (2010) expõem que conciliar o uso sustentável dos recursos florestais com o desenvolvimento econômico é um dos grandes desafios que fomentam pesquisas nas mais diversas áreas do desenvolvimento sustentável. Procópio (2010) enfatiza que um dos primeiros passos é entender o comportamento das espécies madeireiras, no que tange sua distribuição fenológica e suas características de regeneração, esses indicativos são fundamentais para o funcionamento do ecossistema florestal.

Considerando a alta diversidade de espécies na floresta Amazônica, características tecnológicas que possibilitam agrupar madeiras em função de suas propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas (ARAUJO, 2002) é necessário fazer a identificação de espécie, visando o correto uso da madeira (CANDIAN; SALES, 2009; CORADIN; CAMARGOS, 2002). Em termos gerais, para a identificação das espécies florestais são utilizados materiais reprodutivos e vegetativos. Porém, no setor madeireiro faz-se necessário realizar a identificação anatômica de madeira, técnica que exige muito tempo e pessoas especializadas para que esta tarefa seja feita de forma correta. Com o surgimento dos avanços tecnológicos, descobriram-se novos métodos não destrutivos para caracterização de madeira permitindo, assim, melhorar o aproveitamento dessa matéria prima (OLIVEIRA et al., 2005).

Dentre estas técnicas não destrutivas enquadram-se a colorimetria e a espectroscopia do infravermelho próximo (NIR). São métodos considerados atrativos por serem rápidos e exigirem pouco tempo de preparo das amostras, além de não danificar o material analisado (SO et al., 2004; BRASHAW et al., 2009). E as indústrias de processamento de madeira apresentam necessidade de métodos com essas características, isto é, com menor morosidade e com maior confiabilidade na seleção e classificação das espécies (YANG; EVANS, 2003).

Das espécies arbóreas tropicais comercializadas no setor madeireiro, o grupo conhecido vulgarmente como “tauari”, pertencente à família Lecythidaceae destaca-se pelas semelhanças entre os indivíduos (ITTO, 2005; PROCÓPIO, 2010). As espécies designadas como “tauari” pertencem a três gêneros, *Allantoma*, *Cariniana* e *Couratari* (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001; ITTO, 2005). A principal diversidade natural do gênero *Couratari* ocorre no Norte da Amazônia, com 53% de suas espécies (MORI, 1990). As árvores deste grupo possuem de alto a médio porte e são frequentes nos estratos superiores e médios das florestas ombrófilas densas (SOUZA; LORENZI, 2005). As espécies *Couratari guianensis*, *C. oblongifolia*, *C. stellata* e *Cariniana micranta*, estão entre as 10 mais comercializadas no Brasil, no setor de madeira serrada e madeira em tora (IBAMA 2006; NAHUZ, 2013).

O Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais do Pará (SISFLORA-PA), relata a comercialização de aproximadamente 1 milhão de m<sup>3</sup> de madeira do grupo tauari no período de 01/01/2006 a 21/02/2016 (SEMAS-PA, 2014, 2015, 2016a, 2016b). A alta comercialização deste grupo é justificada, pois a madeira é moderadamente macia ao corte, oferecendo bom acabamento, sendo bastante utilizada na construção civil, com uma ampla comercialização tanto para os mercados internos como externos (BERNAL et al., 2011; PAULA; COSTA, 2011). No entanto, apresentam grande dificuldade de distinção a nível espécies, além de possuírem vários nomes vernaculares nas transações comerciais e isso gera consequências tanto socioeconômicas como ambientais (MARTINS et al., 2003).

Portanto, a utilização de métodos não-destrutivos para identificação de espécies, especialmente do grupo tauari torna-se de grande valia, uma vez que na Amazônia brasileira a identificação da madeira de tauari é um fator problemático, haja vista a grande diversidade existente e origens diferentes, sendo frequentemente agrupadas sob a mesma espécie (GARZÓN, 2004).

Assim, tendo em vista a importância socioeconômica e ecológica das espécies do grupo tauari, aliada às dificuldades de identificação em campo, esta dissertação teve como objetivo principal aplicar as técnicas de espectroscopia VIS/NIR na discriminação das espécies comercializadas como tauari na Amazônia brasileira.

Este trabalho está dividido em quatro capítulos, abordando os seguintes temas:

Capítulo 1: *Caracterização anatômica de madeiras comercializadas como “tauari” no estado do Pará*. Este capítulo apresenta a identificação e descrição das características anatômicas das madeiras coletadas em 15 serrarias de 10 municípios do estado do Pará.

Capítulo 2: *Colorimetria de espécies comercializadas como tauari oriundas de Florestas da Amazônia Brasileira*. Este capítulo apresenta a variação nos parâmetros colorimétricos obtidos de amostras provenientes do acervo da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi; da Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental, e das amostras coletadas nos diferentes pólos madeireiros no estado do Pará, avaliando-se a variação em relação às procedências e plano de corte (transversal e lateral).

Capítulo 3: *Uso do infravermelho próximo (NIR) na discriminação de madeiras do grupo tauari oriundas de florestas nativas da Amazônia Brasileira*. Este capítulo apresenta a variação nos espectros originais do infravermelho próximo, obtidos de amostras procedentes do acervo da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi; da Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental, e das amostras coletadas nos diferentes pólos madeireiros no estado do Pará, avaliando-se a variação em relação às procedências e superfície de análise (transversal e lateral).

Capítulo 4: *Comparação das técnicas de identificação anatômica, colorimetria e infravermelho próximo (NIR) na discriminação de espécies do grupo tauari*. Neste capítulo foi construído um modelo de classificação para as espécies do grupo tauari utilizando-se as amostras dos acervos das Xilotecas do Museu Paraense Emílio Goeldi e da Embrapa Amazônia Oriental, os quais foram utilizados para testar a classificação das amostras coletadas nos diferentes pólos madeireiros do estado do Pará. O resultado foi comparado com a identificação anatômica da amostra, avaliando-se a eficiência das técnicas para a discriminação de espécies do grupo tauari.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H.J.B. **Agrupamento de madeiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do Projeto de Colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das propriedades físicas e mecânicas**. Piracicaba, 184p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

BERNAL, R.A.; CORADIN, V.; CAMARGOS, J.; COSTA, C.; PISSARRA, J. Wood anatomy of Lecythidaceae species called “tauari”. **IAWA Journal**, v. 32, n.1, p.1-17, 2011.

BRASHAW, B. K.; BUCUR, V.; DIVOS, F. Nondestructive testing and evaluation of wood: a worldwide research update. **Forest Products Journal**, v.59, n.3, p. 7-14, 2009.

CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C.A. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, v. 71, p.30-41, 2001.

CARDOSO, D.; SOUZA JR, C. **Sistema de monitoramento da exploração madeireira (SIMEX)**: Período 2015-2016, Imazon.Belém/PA, 2017. 32p.

CANDIAN, M.; SALES, A. Aplicação das técnicas não destrutivas de ultra-som, vibração transversal e ondas de tensão para avaliação de madeira. **Ambiente Construído**, v.9, n.4, p. 83-98, 2009.

CORADIN, V.T.R.; CAMARGOS, J. A.A. **A estrutura anatômica da madeira e princípios para a sua identificação**. Brasília: Via Brasil, 2002.

FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. **Situación de los bosques del mundo**. Roma, 2011. 193p.

GARZÓN, R.A.B. **Estudo anatômico comparativo do lenho das espécies de Lecythidaceae denominadas “tauari”**. Brasília-DF, 62p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de Brasília, departamento Departamento de Botânica, Brasília, 2004.

GOMES, J.M.; CARVALHO, J.O.D.P.; SILVA, M.G.; NOBRE, D.N.V.; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J.E.R.; SANTOS, R.N.J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v.40, n.1, p.171-178, 2010.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. DOF: **Informação estratégica para a gestão florestal no Brasil**: período 2007-2009. Brasília/DF, 2010. 56p.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **10 espécies mais comercializadas por Estado (tora, madeira serrada)**. Brasília, 2006, 10p.

ITTO. INTERNACIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. **Utilization of lesser utilized timber species of Guyana**. Guyana Forestry Commission, 2005. 21p.

MARTINS, S. R. C. V.; MICHAEL, G. H.; IAN, S.T. Identificação botânica na Amazônia: situação atual e perspectivas. **Embrapa Amazônia Oriental**, v.4, p.1-77, 2003.

MORI, S. Diversificação e conservação das Lecythidaceae neotropicais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n.1, p. 45-68, 1990.

NAHUZ, M.A.R. **Madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo: IPT, 2013.

OLIVEIRA, F.G.R.; MILLER, K.P.; CANDIAN, M.; SALES, A. Influência da seção transversal na velocidade ultra-sônica na madeira de *Eucalyptus citriodora*. **Cerne**, v. 11, n. 2, p.197-203, 2005.

PAULA, J.E.; COSTA, K.P. **Densidade da madeira de 932 espécies nativas do Brasil**. Porto alegre: Cinco Continentes, 2011.

PROCÓPIO, L.C. **Auto-ecologia de espécies de *Couratari* (Lecythidaceae): uma abordagem para o manejo e conservação**. Manaus, 146p. Tese (Doutorado em Biologia) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA, Manaus, 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de**



**madeiras nativas: período de 01/01/2014 a 31/12/2014.** Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2014. 76p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2015 a 31/12/2015.** Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2015. 67p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2006 a 21/02/2016.** Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2016a. 167p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2016 a 21/02/2016.** Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2016b. 39p.

SO, C.L.; VIA, B. K.; GROOM, L. H. Near infrared spectroscopy in the forest products industry. **Forest Products Journal**, v.54, n.3, p.6-16, 2004.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Guia ilustrativo para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira APG II.** São Paulo: Instituto Plantarum, 2005.

VEIRA, D.S.; GAMA, J.R.V.; OLIVEIRA, M.L.R.; RIBEIRO, R.B.S. Análise estrutural e uso múltiplo de espécies arbóreas em florestas manejadas no médio vale do Rio Curuá-Una, Pará. **Floresta**, v.45, n.3, p.465-476, 2015.

YANG, J.L.; EVANS, R. Prediction of MOE of *Eucalyptus* wood from microfibril angle and density. **Holz als roh-und werkstoff**, v.61, n.6, p.449-452, 2003.

## CAPITULO 1

### CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DE MADEIRAS COMERCIALIZADAS COMO “TAUARI” NO ESTADO DO PARÁ

#### RESUMO

A pressão antrópica sobre os recursos florestais da Amazônia brasileira, em parte evidenciada pela exploração ilegal de madeira, tem contribuído com o aumento da lista de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, como é o caso de algumas representantes da família Lecythidaceae. O objetivo foi identificar e caracterizar 20 amostras de madeiras comercializadas como pertencendo ao grupo “tauari”, visando fornecer subsídios para a separação em nível de espécie. As amostras foram obtidas em 15 serrarias de 10 municípios do Estado do Pará, no período de junho a julho de 2016. A identificação foi realizada mediante as análises anatômicas macroscópicas e microscópicas no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). A identificação das espécies foi confirmada por meio de comparação com amostras padrão do acervo da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi (MGw) e Embrapa Amazônia Oriental (IAN). Três amostras foram identificadas como não pertencendo ao grupo “tauari”: *Eschweilera* sp., (Matamatá-branco), *Cedrela* sp., (Cedro) e *Erisma uncinatum* (Cedrinho). As demais 17 amostras pertenceram ao grupo “tauari” com três espécies distintas: *Couratari stellata*, *C. oblongifolia* e *C. guianensis*. Dentre as espécies da família Lecythidaceae, apenas *C. oblongifolia* e *Eschweilera* sp. tiveram diferenças estruturais marcantes perceptíveis. A adoção de um único nome popular pelas empresas madeireiras no Estado do Pará para designar o grupo “tauari” mascara as informações sobre a diversidade de espécies comercializadas, compromete o uso final da madeira e a relação de confiabilidade entre comprador-vendedor.

Palavras-chave: Identificação de madeira. Lecythidaceae. *Couratari* e *Eschweilera*.

## ABSTRACT

Anthropogenic pressure on the forest resources of the Brazilian Amazon, evidenced in part by the illegal exploitation of wood, has contributed to the increase in the list of endangered species of Brazilian flora, as is the case of some representatives of the family Lecythidaceae. The objective was to identify and characterize 20 samples of wood marketed as belonging to the "tauari" group, in order to provide subsidies for species identification. Samples were obtained from 15 sawmills of 10 municipalities in the State of Pará, from June to July in 2016. Identification was performed through macroscopic and microscopic anatomical analysis at the Wood Anatomy and Quality Laboratory (LANAQM) of the Federal University of Paraná (UFPR). The identification of the species was confirmed by comparison with standard samples of the Xiloteca collection (Walter A. Egler Collection) of the Museu Paraense Emílio Goeldi (MGw) and Embrapa Amazônia Oriental (IAN). Three samples were identified as not belonging to the tauari group: *Eschweilera* sp. (Matamatá-branco), *Cedrela* sp. (Cedro) and *Erismia uncinatum* (Cedrinho). The other 17 samples belonged to the "tauari" group with three distinct species: *Couratari stellata*, *C. oblongifolia* and *C. guianensis*. Among the species of the family Lecythidaceae, only *C. oblongifolia* and *Eschweilera* sp. had noticeable structural differences. The adoption of a single popular name by logging companies in the State of Pará to designate the "tauari" group masks the information about the diversity of species traded, compromises the end use of the wood and the trust relationship between buyers and sellers.

**Keywords:** Identification of wood. Lecythidaceae. *Couratari* and *Eschweilera*.

## 1 INTRODUÇÃO

A rica biodiversidade de plantas do Brasil está ameaçada pela destruição e fragmentação acelerada de habitat, alertando a sociedade para o risco de extinção de espécies (COSTA; BAJGIELMAN, 2016). Martinelli e Moraes (2013) estimaram para a Amazônia brasileira 87 espécies ameaçadas de extinção, 90 com dados insuficientes e 142 não ameaçadas, porém consideradas de interesse para conservação e pesquisa.

A pressão sobre os recursos naturais nas florestas nativas da Amazônia brasileira, em parte estimulada pela exploração ilegal de madeira, tem impulsionado a inclusão de inúmeras espécies na lista daquelas sob o risco de extinção (SANTINI JUNIOR, 2013), como é o caso de algumas representantes da família Lecythidaceae (BRASIL, 2014). Garzón (2004) destaca a dificuldade de reconhecimento de espécies em campo, como uma das principais ameaças sobre a diversidade da flora brasileira, já que identificações errôneas propiciam, por vezes, a exploração e comercialização equivocada de outras espécies madeireiras.

Neste contexto, a correta identificação de espécies florestais é de extrema importância, pois o uso de nomes vernaculares omite a verdadeira ocorrência geográfica das espécies (SILVA, 2002). No entanto, existe grande dificuldade de relacionar nome científico com o nome vernacular, uma vez que não há uma padronização que associe um nome popular a um nome científico. Assim, uma única espécie conhecida por um nome científico pode possuir vários nomes populares (CAMARGOS, 1996).

Na Amazônia brasileira, a identificação de espécies do grupo “tauari” é um fator problemático, haja vista a diversidade existente e origens diferentes, sendo frequentemente agrupadas sob a mesma espécie (GARZÓN, 2004). Assim, múltiplas espécies são conhecidas por um único nome popular, a exemplo: *Couratari guianensis*, *C. oblongifolia*, *C. pulchra*, *C. stellata*, *C. multiflora*, *C. tauari*, *C. macrosperma* e *Cariniana micrantha* (IBAMA, 1991).

As espécies designadas como “tauari” pertencem a três gêneros *Allantoma*, *Cariniana* e *Couratari* (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001; ITTO, 2005). A principal diversidade natural do gênero *Couratari* ocorre no Norte da Amazônia, com 53% de suas espécies (MORI, 1990). As espécies *Couratari guianensis*, *C. oblongifolia*, *C.*

*stellata* e *Cariniana micranta*, estão entre as 10 mais comercializadas no Brasil, no mercado de madeira serrada e em tora (IBAMA 2006; NAHUZ, 2013).

A madeira de “tauari” é moderadamente macia ao corte, oferecendo bom acabamento, sendo bastante utilizada na construção civil, além de ser comumente exportada para diversos Estados do Brasil e para o exterior (BERNAL et al., 2011). A madeira possui boa qualidade para uso em compensados, tábuas, carpintarias, saltos de sapatos e caixotarias (PAULA; COSTA, 2011). Um dos problemas com a madeira é que algumas espécies possuem maior quantidade de sílica, o que contribui para desgastes das ferramentas (JANKOWSKY, 1990).

A ausência de conhecimento das características tecnológicas, fisiológicas e morfológicas das espécies vem sendo um entrave na utilização e aproveitamento das madeiras Amazônicas (FERREIRA; GOMES; HOPKINS, 2004). Barbosa et al. (2001) salientam que centenas de espécies madeireiras que ocorrem na região, mas que ainda são desconhecidas ou pouco conhecidas, podem apresentar propriedades similares àquelas já habituais e de grande aceitação para comercialização.

Assim, métodos satisfatórios de identificação de espécies são imprescindíveis. Gasson (2011) expôs a descrição e caracterização anatômica de madeiras como o método mais satisfatório para identificação e caracterização de espécies, a qual baseia-se na descrição da estrutura anatômica e das propriedades organolépticas. Porém, para muitas madeiras só é possível obter informações em nível de gênero, devido à complexidade do processo de identificação e caracterização, aliada à enorme diversidade de espécies dos biomas brasileiros.

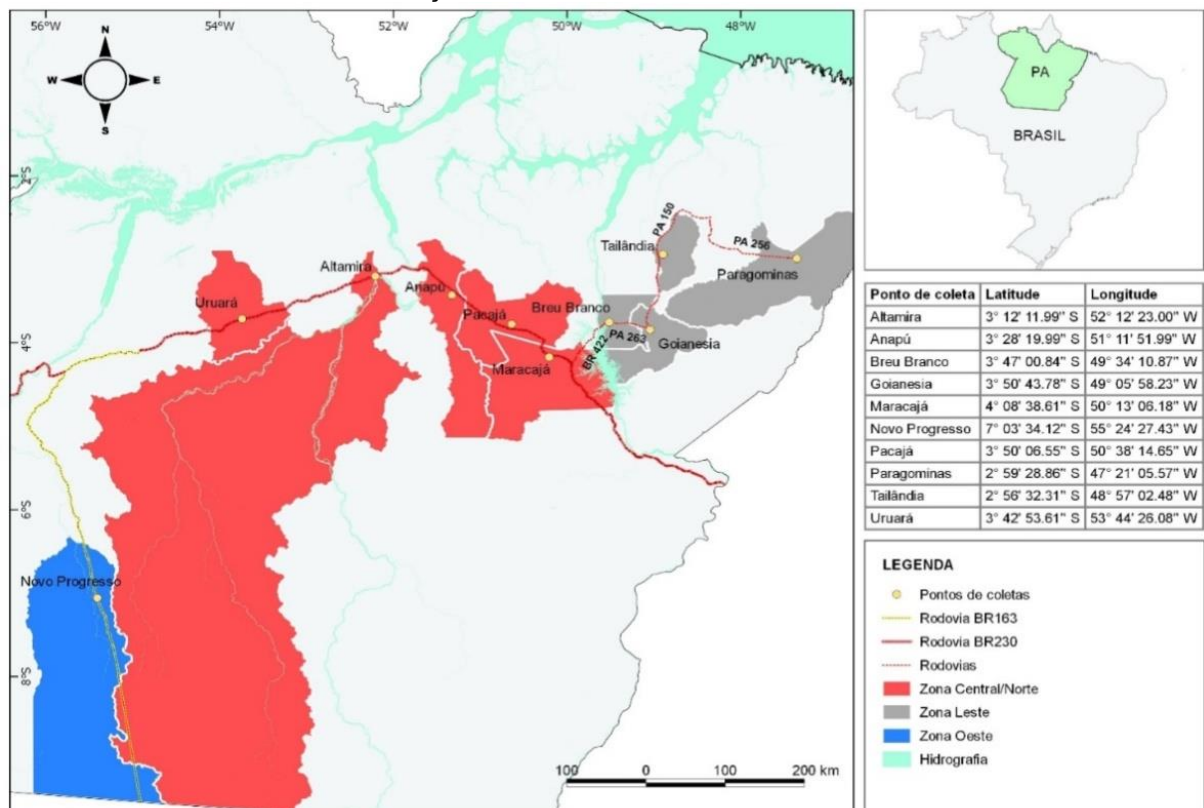
Neste contexto, a identificação correta das espécies e de suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, permitirá ampliar o número de espécies com possibilidade de aproveitamento madeireiro (SANTINI JÚNIOR, 2013). Este estudo teve por objetivo identificar e caracterizar amostras de madeiras comercializadas como pertencendo ao grupo “tauari”, obtidas em diferentes regiões do Estado do Pará, visando fornecer subsídios para a separação em nível de espécie.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Para realização desta pesquisa foram coletadas, no período de junho a julho do ano de 2016, 20 amostras de madeira comercializadas como pertencentes ao grupo “tauari”, obtidas em 15 serrarias de 10 municípios do Estado do Pará (FIGURA 1.1 e TABELA 1.1). Para a definição dos municípios amostrados baseou-se no estudo de (VERÍSSIMO; LIMA; LENTINI, 2002), que estabeleceram quatro zonas madeiras no Pará, tendo por base as tipologias florestais, a idade da fronteira madeira e as condições de acesso.

FIGURA 1.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE COLETA NO ESTADO DO PARÁ



FONTE: O autor (2018).

TABELA 1.1 - ZONAS MADEIREIRAS, VEGETAÇÃO E SOLOS PREDOMINANTES, SERRARIAS E QUANTIDADE DE AMOSTRAS COLETADAS POR MUNICÍPIO NO ESTADO DO PARÁ

Zonas Madeireiras	Municípios	Vegetação	Solos	Serraria	Quantidade
Zona Leste	Paragominas	FDTF	LATMA e CLLATMAQ	1	1
	Tailândia			1	1
	Breu Branco			1	1
	Goianésia			1	1
Zona Central	Altamira	FAL	LATMA, LVATMA e PVATMA	2	6
	Uruará			4	4
	Anapu			1	2
	Pacajá			1	1
	Maracajá			1	1
Zona Oeste	Novo Progresso	FALFE	LAV e LAQ	2	2
Total				15	20

FONTE: O autor (2018).

Em que: FDTF: Floresta Densa de Terra firme; FAL= Floresta Aberta Latifoliada; FALFE= Floresta Aberta Latifoliada e Floresta Equatorial; LATMA e CLLATMAQ= Latossolo amarelo textura muito argilosa, concrecionário laterítico, latossolo amarelo textura média e areia quartzosa; LATMA, LVATMA e PVATMA= Latossolo amarelo textura média argilosa, latossolo vermelho- amarelo textura média argilosa e podzólico vermelho-amarelo textura média argilosa; LAV e LAQ= Latossolo amarelo-vermelho e litólico areia quartzo. Fonte: Veríssimo et al. (2002); FAPESPA (2016a; 2016b; 2016c). x

A identificação das amostras de madeiras, em nível de espécie, foi feita através de análises da estrutura anatômica macroscópica e microscópica no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Além disso, as amostras de madeiras coletadas foram comparadas com as amostras padrão do acervo da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi (MGw) e Embrapa Amazônia Oriental (IAN) (TABELA1.2).

TABELA 1. 2 - AMOSTRAS DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI E EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Espécies	Nº. Registro Xiloteca	Local de coleta
<i>Couratari stellata</i>	2532-MGW	Suriname
<i>Couratari stellata</i>	4468-MGW	Roraima
<i>Couratari pulchra</i>	2085-MGW	Mato grosso
<i>Couratari pulchra</i>	5221-MGW	Monte do Jari-PA
<i>Couratari multiflora</i>	2470-MGW	Suriname
<i>Couratari multiflora</i>	3257-MGW	Tocantins
<i>Couratari multiflora</i>	3813-MGW	Roraima
<i>Couratari oblongifolia</i>	5399-MGW	Monte do Jari-PA
<i>Couratari microsperma</i>	5024-MGW	Altamira-PA
<i>Couratari tauari</i>	1670-MGW	Rio Sacará-PA
<i>Couratari guianensis</i>	3437-MGW	Tucuruí-PA
<i>Couratari guianensis</i>	5648-MGW	Rio Sororo-PA
<i>Couratari guianensis</i>	6348-MGW	Roraima
<i>Couratari guianensis</i>	1981-MGW	Suriname
<i>Couratari guianensis</i>	2462-MGW	Suriname
<i>Couratari guianensis</i>	2907-MGW	Amapá-AP
<i>Couratari stellata</i>	1790-IAN	Santarém-PA
<i>Couratari stellata</i>	1792-IAN	Santarém-PA
<i>Couratari multiflora</i>	1767-IAN	Rio Amazonas-AM
<i>Couratari guianensis</i>	6734-IAN	Rio Juruá-PA
<i>Couratari guianensis</i>	7812-IAN	Vila Santa Izabel-PA
<i>Couratari guianensis</i>	7534-IAN	Novo repartimento-PA
<i>Couratari guianensis</i>	1718-IAN	Santarém-PA
<i>Couratari oblongifolia</i>	6752-IAN	Paragominas-PA
<i>Couratari oblongifolia</i>	1774-IAN	Santarém-PA

FONTE: O autor (2018).

MGW = Acervo da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) Museu Paraense Emílio Goeldi; IAN = Embrapa Amazônia Oriental.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA ANATÔMICA

A caracterização da estrutura macro e microscópica do lenho das amostras foi realizada de acordo com as normas da International Association of Wood Anatomists (IAWA, 1989), com a chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos: Intkey: Madeiras comerciais do Brasil – (CORADIN et al., 2011), e com base nas fichas de descrições anatômicas do lenho (xilema secundário) do acervo da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) Museu Paraense Emílio Goeldi. As espécies utilizadas no presente estudo não constam na Lista oficial das espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção (BRASIL, 2014).



### 2.2.1 Estrutura macroscópica da madeira

A identificação das amostras de madeira por meio de análises da estrutura anatômica macroscópica foi realizada a orientação dos corpos de prova do lenho nos três planos: transversal, tangencial e radial. Inicialmente, realizou-se o polimento da superfície com utilização da navalha do micrótomo para realçar as características anatômicas. Em seguida, foram feitas as análises da estrutura anatômica com uso de lupa em 10x de aumento e a posterior comparação com as características das amostras padrão do acervo da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) Museu Paraense Emílio Goeldi e IAN da Embrapa Amazônia Oriental.

Para a captura das imagens macroscópicas do plano transversal foi utilizado um estereomicroscópio, marca Zeiss modelo Stereo Discovery-V12 com Software Axio Vision com uma escala micrométrica acoplada à lente. Em seguida, foi realizada a descrição anatômica, verificando-se as características gerais da madeira, a saber: cor; brilho; odor; resistência ao corte manual; presença de camadas de crescimento; parênquima axial: visibilidade e tipo; raios: visibilidade; vasos: visibilidade, tipo, distribuição e obstrução.

### 2.2.2 Estrutura microscópica da madeira

Para caracterização da estrutura microscópica da madeira foram preparados corpos de prova com 1,5 centímetros na direção transversal, tangencial e radial. Posteriormente, procedeu-se o amolecimento do material preparado por meio de cozimento em água com duração de 3 a 6 horas por dia, no período de duas semanas de acordo com a dureza do material. Após o cozimento foram obtidas as seções histológicas na espessura de 25  $\mu\text{m}$  dos planos transversal, tangencial e radial em micrótomo de deslize marca Zeiss-Hyrax modelo S50. As seções anatômicas foram mantidas entre lâminas em água até o momento da preparação para montagem.

Prepararam-se lâminas provisórias para as análises e mensuração das seguintes características anatômicas: i) frequência dos raios; ii) altura e largura dos raios em número de células e em micrometros; iii) frequência dos vasos; iv) diâmetro dos vasos. A coloração seguiu o método de tripla coloração, posteriormente as amostras foram desidratadas em série alcoólica ascendente e permanecendo em álcool 70% até as medições. Para as medições dos elementos celulares utilizou-se

uma lupa estereoscópica marca Zeiss modelo Stereo Discovery-V12 com Software Axio Vision com uma escala micrométrica acoplada à lente.

### 2.3 ANÁLISE DOS DADOS

Foi realizada análise estatística descritiva para cada característica anatômica da madeira (altura e largura dos raios, frequência de raios e vasos, diâmetro tangencial dos vasos), sendo verificados valores médios, mínimos e máximos, além do desvio padrão para cada característica.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 ESPÉCIES FLORESTAIS IDENTIFICADAS

Na TABELA 1.3 estão discriminadas as espécies identificadas por meio das análises da estrutura macroscópica e microscópica das amostras de madeira comercializadas como “tauari”. Após as análises, identificou-se 18 amostras pertencentes à família Lecythidaceae e quatro espécies distintas, a saber: seis *Couratari stellata*, sete *C. oblongifolia*, quatro *C. guianensis* e uma *Eschweilera* sp., e duas outras espécies pertencentes as famílias Meliaceae e Vochysiaceae, *Cedrela* sp., (Cedro) e *Erismia uncinatum* (Cedrinho), respectivamente.

Registrou-se quatro gêneros diferentes: *Couratari*, *Erismia*, *Cedrela* e *Eschweilera*. Para as espécies *Cedrela* sp., e *Erismia uncinatum* a análise da estrutura anatômica foi somente a nível macroscópico, pois são espécies com características mais distinguíveis do que os indivíduos da família Lecythidaceae onde existem a maior confusão de espécies com os mesmos nomes vernaculares.

TABELA 1.3 - ESPÉCIES IDENTIFICADAS ATRAVÉS DE ANÁLISES DA ESTRUTURA MACRO E MICROSCÓPICA POR MUNICÍPIO DE COLETA DO ESTADO DO PARÁ

Municípios	Espécies	Quantidade
Altamira	<i>Couratari stellata</i>	1
	<i>Couratari oblongifolia</i>	2
	<i>Eschweilera</i> sp.	1
	<i>Cedrela</i> sp.	1
	<i>Erismia uncinatum</i>	1
Uruará	<i>Couratari oblongifolia</i>	1
	<i>Couratari stellata</i>	3
Novo Progresso	<i>Couratari stellata</i>	1
	<i>Couratari guianensis</i>	1
Goianésia	<i>Couratari guianensis</i>	1
Maracajá	<i>Couratari guianensis</i>	1
Paragominas	<i>Couratari guianensis</i>	1
Anapu	<i>Couratari stellata</i>	1
	<i>Couratari oblongifolia</i>	1
Tailândia	<i>Couratari oblongifolia</i>	1
Pacajá	<i>Couratari oblongifolia</i>	1
Breu Branco	<i>Couratari oblongifolia</i>	1
Total		20

FONTE: O autor (2018).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS MACRO E MICROSCÓPICAS

De modo geral, nas características macroscópicas as espécies identificadas podem ser separadas em quatro grupos diferentes em função da cor do cerne, isto é, espécie cuja cor do cerne é do tipo, bege rosado *Cedrela* sp., castanho avermelhado *Erismia uncinatum*, escuro amarelado *Couratari oblongifolia* ou amareladas e acinzentadas *Couratari stellata*, *Couratari guianensis* e *Eschweilera* sp., O cheiro da madeira foi perceptível apenas nas amostras de *Cedrela* sp., e *Couratari oblongifolia* e imperceptível nas demais.

**Anéis de crescimento:** Identificaram-se anéis de crescimento distintos, pouco distintos ou indistintos. Apenas *Cedrela* sp., apresentou anéis de crescimento distintos. As espécies *Couratari oblongifolia*, *C. stellata* e *C. guianensis* apresentaram anéis de crescimento pouco distintos, formados por zonas fibrosas individualizadas tangenciais mais escuras. E indistintos nas amostras de *Eschweilera* sp., e *Erismia uncinatum*.

**Parênquima axial:** visíveis a olho nu, em faixas largas e longas (*Erismia uncinatum*), já *Cedrela* sp., em faixa marginais afastadas. Nas Lecythidaceae identificou-se parênquima axial também visível a olho nu, do tipo reticulado com tendência a escalariforme, possuindo de 1 a 2 células na linha do parênquima para as espécies *Couratari oblongifolia*, *Couratari stellata* e *Couratari guianensis*. Na amostra de madeira *Eschweilera* sp., foi observado parênquima axial reticulado com 2 células na linha do parênquima, porém diferiu-se do gênero *Couratari* por apresentar parênquima axial distinto apenas sob lente de 10x, e disposto em finas linhas aproximadas formando com os raios uma trama reticulada.

**Raios:** visíveis a olho nu no topo e na face tangencial para *Cedrela* sp., e em *Erismia uncinatum*, visíveis apenas sob lente de 10x no topo e na face tangencial. As espécies *C. oblongifolia*, *C. stellata* e *C. guianensis* apresentaram raios visíveis a olho nu, finos e numerosos, regularmente espaçados com estratificação ausente. A espécie *Eschweilera* sp., possui raios visíveis apenas com auxílio de lente de 10x, sendo finos, numerosos e irregularmente espaçados.

**Vasos:** visíveis a olho nu, pequenos a grandes, dispostos em anéis semi-porosos, solitários em maioria para a espécie *Cedrela* sp., na amostra de madeira de *Erismia uncinatum*, os vasos também foram visíveis a olho nu, médios a grandes com porosidade difusa, solitários e múltiplos de dois a três.

Para as espécies *C. stellata* e *Eschweilera* sp., os vasos foram visíveis a olho nu, solitários em sua maioria, múltiplos radiais de dois ou três. Do mesmo modo, *C. oblongifolia* apresenta agrupamento de vasos do tipo solitários e, também múltiplos radiais de dois a três com pouca frequência. Já *C. guianensis* exibiu vasos solitários e múltiplos radiais de dois na mesma proporção.

Em todas as espécies da família Lecythidaceae, foi observada porosidade difusa e vasos obstruídos por tilos. Nas características microscópicas os vasos foram classificados com diâmetros médios variando entre 157-290  $\mu\text{m}$ , com formato circular à oval para todas as espécies da família Lecythidaceae. A frequência dos vasos foi baixa (1 a 5 vasos por  $\text{mm}^2$ ) para todas as espécies. Apenas *Couratari oblongifolia* e *Eschweilera* sp., exibiram cristais prismáticos presentes nas câmaras das células do parênquima axial. As espécies *Couratari oblongifolia*, *Couratari stellata* e *Couratari guianensis* apresentam raios heterocelulares com as margens constituídas ou formadas por uma fileira de células quadradas, as vezes interrompidas por células procumbentes mais curtas e o corpo formado exclusivamente por células procumbentes. Para a espécie *Eschweilera* sp., foi observada a presença de raios heterocelulares com o corpo das células procumbentes possuindo uma fila de células marginais quadradas. A largura dos raios classificada como fina (menor que 87  $\mu\text{m}$ ). A altura dos raios foi considerada baixa (entre 485 a 710  $\mu\text{m}$ ), pouco frequentes variando de 6 a 10 raios por mm. Estruturas estratificadas, estruturas secretoras, variantes cambiais e sílicas, estiveram ausentes em todas as amostras.

**Pontoações:** Todas as espécies possuem pontoações intervasculares alternas com placa de perfuração simples e pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares em formato e tamanho. As pontoações das fibras foram classificadas como areoladas distintas para todas as espécies.

As características anatômicas encontradas nas madeiras do grupo “tauari” foram semelhantes aos trabalhos realizados por Leon (2008) para a espécie *C. guianensis* e para *Eschweilera* sp., Lens et al. (2007) para os gêneros *Eschweilera* e *Couratari*, e Bernal et al. (2011) para as espécies *C. guianensis*, *C. oblongifolia* e *C. stellata*.

Neste estudo observou-se a ocorrência de anéis de crescimento distintos, pouco distintos ou indistintos. Em relação a isso, Burger e Richter (1991) relatam que em muitas espécies tropicais a camada de crescimento corresponde a períodos de chuva e de seca. Alves e Angyalossy-Alfonso (2000) afirmam que este parâmetro não

deve ser usado como critério de separação entre espécies, uma vez que sofre bastante influência do ambiente. Callado et al. (2013) ratificaram a assertiva de Alves e Angyalossy-Alfonso (2000), ao afirmarem que a sazonalidade das chuvas foi o fator que mais influenciou no desenvolvimento das espécies e na marcação dos anéis de crescimento.

As espécies do grupo tauari descritas neste trabalho possuem poros solitários e múltiplos, com contorno circular oval e porosidade difusa. O tipo de porosidade da madeira é uma característica anatômica suscetível às variações provocadas pela adaptação da espécie às condições edafoclimáticas. Assim, esta característica tem baixo valor diagnóstico se analisada de forma isolada (BURGER; RICHTER 1991). No tocante ao parênquima axial em faixa, Alves e Angyalossy-Alfonso (2000) expõem que esta característica é mais comum para as espécies de regiões tropicais e subtropicais.

A presença e formato de cristais nas células do parênquima axial pode ser uma característica para diferenciação de espécies dentro de um mesmo gênero (VASCONCELLOS et al., 1993). Cristais prismáticos foram encontrados nas câmaras das células do parênquima axial de *Couratari oblongifolia* e *Eschweilera* sp., as demais espécies não tiveram inclusão de minerais. Não houve ocorrência de grão de sílica nas amostras analisadas.

Dentre as amostras identificadas na família Lecythidaceae somente *Couratari oblongifolia* e *Eschweilera* sp., tiveram diferenças estruturais marcantes entre si. As demais espécies mostraram-se pouco distinguíveis.

Trabalhos prévios problematizam a existência de muitas espécies madeireiras semelhantes visualmente sendo agrupadas e comercializadas na Amazônia, e isso prejudica a dinâmica populacional das espécies (PASTORE et al., 2011; SOARES et al., 2017). As dinâmicas populacionais refletem as estratégias de crescimento das espécies. Entre espécies do gênero *Couratari*, são conhecidas as diferenças funcionais como: a densidade da madeira, o diâmetro e a altura das árvores (PROCÓPIO e SECCO 2008; CHAZDON et al., 2010) é possível que as espécies do grupo tauari tenham estratégias de crescimento e comportamentos distintos e consequentemente não reagem igualmente à exploração florestal (HÉRAULT et al., 2010).

Neste estudo, constatou-se que o local de coleta não influenciou significativamente na estrutura anatômica da madeira, isso pode estar relacionado com a metodologia empregada, uma vez que foram coletadas amostras em serrarias,

indicando que provavelmente a origem das árvores pode ser a mesma, sendo dividido em regiões para o processamento e destino das tábuas. Este fato evidencia que a maioria das serrarias no estado do Pará não são fiscalizadas pelos órgãos ambientais competentes, quanto ao monitoramento e controle da exploração madeireira, tanto no que tange a identificação *in loco* das espécies como na comercialização das mesmas.

Pode-se inferir que isso se deve a vários agentes, e um deles está relacionado com a abundância da matéria prima, por ser de fácil acesso, acarretando inúmeros problemas, pois a extração da madeira na maioria das vezes fica à mercê de quem a explorar primeiro, o que torna um atrativo para a exploração predatória de madeira e o processo migratório ilegal das toras. E uma das estratégias criadas pelo Governo Federal para tentar coibir esse tipo de ação, foi a exigência do uso de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) com adoção desses planos haveria uma produção contínua de produtos e serviços florestais sem a indevida redução de seus valores intrínsecos e produtivos (VIEIRA 2015). No entanto, no estado do Pará, assim como no restante da Amazônia, as experiências dos planos de manejo florestal Sustentável (PMFS) têm apresentado sérios problemas técnicos e de execução (IBAMA 2010).

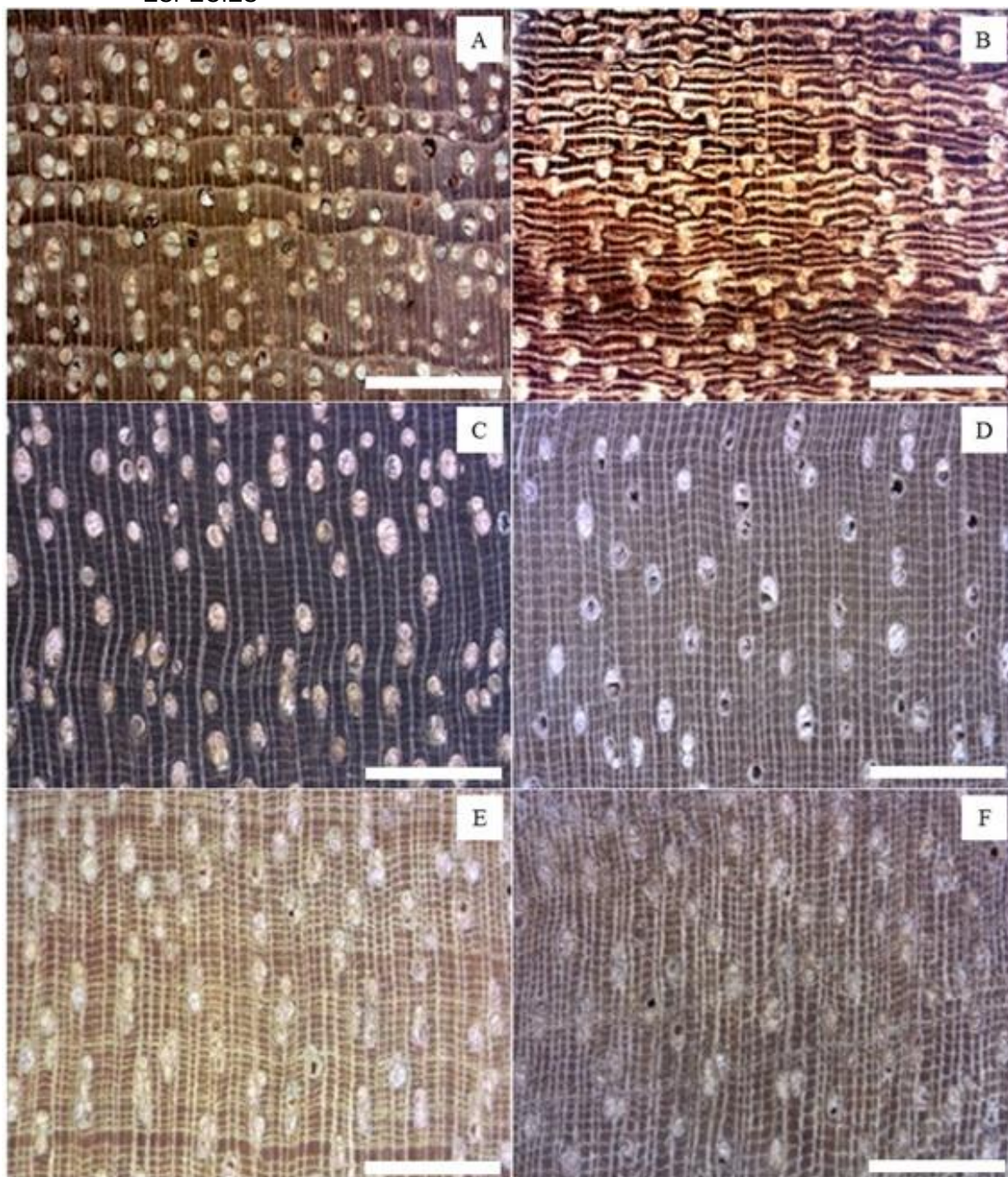
No Estado do Pará, no período de janeiro de 2006 a fevereiro de 2016, o Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais do Pará (SISFLORA-PA) somou a emissão de 37.953 Guias Florestais-GF1 de 14 espécies do grupo “tauari”, relativas à comercialização de pouco mais de 1 milhão de m<sup>3</sup> de madeira sob um valor médio de R\$120,10 o m<sup>3</sup>. No ano de 2014, o consumo de madeira da espécie foi de aproximadamente 93 mil m<sup>3</sup> a um preço de R\$133,67 o m<sup>3</sup>. Em 2015, houve um acréscimo de 65% na comercialização de madeira da espécie em relação a 2014, com aumento do valor médio do metro cúbico para R\$160,75. Em 2016, porém, houve um decréscimo de quase 90% no volume comercializado em comparação à 2015, sob o preço médio de R\$133,90 por metro cúbico (SEMAS-PA, 2014, 2015, 2016a, 2016b).

Segundo Fonseca et al. (2017) os estados do Pará, Mato Grosso, Rondônia e Amazonas lideraram o ranking do desmatamento entre os anos de 2014 e 2015, proveniente de extração ilegal madeira. É válido ressaltar, também, que estes são os estados que mais comercializam madeira do grupo tauari, onde a falta de dados impede a realização de avaliações e monitoramento sobre a exploração e comercialização dessas espécies.



As características gerais e a descrição da estrutura anatômica macro e microscópica estão apresentadas a seguir na forma de figuras e fichas descritivas. Na sequência, as figuras das análises macroscópicas de todas as espécies na seção transversal em seguida o modelo de ficha descritiva das análises microscópicas somente para as espécies da família Lecythidaceae e por fim a análise de estatística descritiva das características anatômicas (TABELA 1.4).

FIGURA 1.2 – *CEDRELA* SP., (A), *ERISMA UNCINATUM* (B), *COURATARI OBLONGIFOLIA* (C), *COURATARI STELLATA* (D), *COURATARI GUIANENSIS* (E) E *ESCHWEILERA* SP., (F). ANÁLISE MACROSCÓPICA NA SEÇÃO TRANSVERSAL DE TODAS AS ESPÉCIES



FONTE: O autor (2018).



Nome Científico: *Couratari oblongifolia*

Família: Lecythidaceae

Nome popular: Tauari

#### Caracteres gerais

Cerne/alburno indistintos pela cor; cerne branco-amarelado; madeira sem brilho nas superfícies longitudinais; moderadamente dura ao corte transversal manual; cheiro perceptível; apresenta grã direita e textura média.

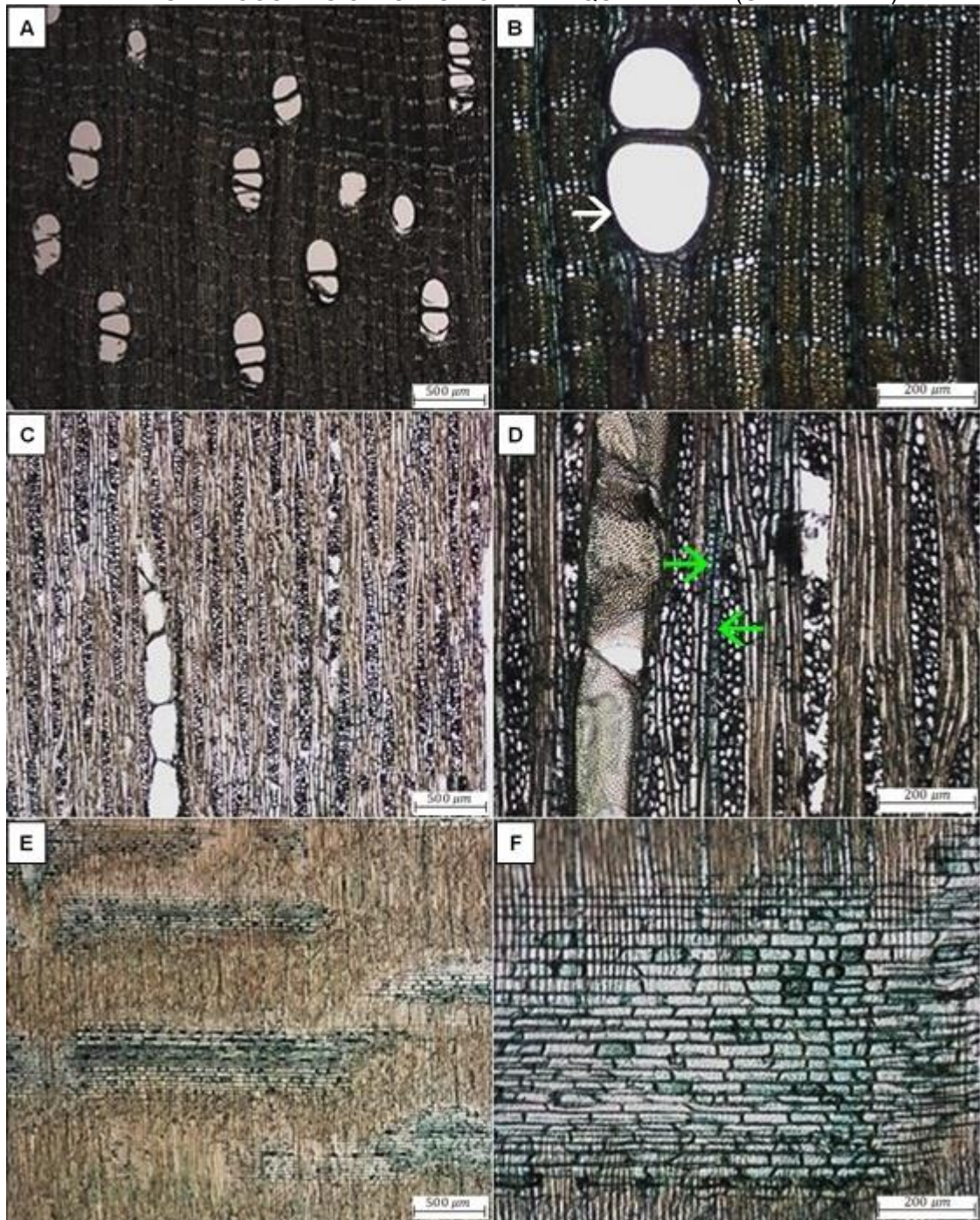
#### Descrição macroscópica

Anéis de crescimento pouco distintos, individualizados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. Parênquima axial; visível a olho nu; reticulado com tendência a escalariforme. Raios visíveis a olho nu; finos e numerosos; regularmente espaçados; estratificação ausente; pouco contrastado no plano longitudinal radial. Vasos visíveis a olho nu; solitários e múltiplos; médios; maioria dos vasos obstruídos.

#### Descrição microscópica

Vasos solitários em maioria e múltiplos radiais de 2-3 com pouca frequência; dispostos em padrão não definido; de formato circular à oval; distribuição difusa; frequência baixa (até 5 vasos por mm<sup>2</sup>); diâmetro médio (206-290µm); pontoações intervasculares alternas; placa de perfuração simples; pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares em formato e tamanho. Fibras com pontoações areoladas distintas. Parênquima axial reticulado com duas células de largura na linha. Raios finos (menor 87µm de largura); com largura em número de célula de até 4 células; baixos (485-710 µm de altura); pouco frequentes (6-9 raios por mm); formados exclusivamente por células procumbentes; cristais prismáticos presentes nas câmaras das células do parênquima axial; estruturas estratificadas ausentes; estruturas secretoras ausentes; variantes cambiais não observadas; sílicas ausentes (FIGURA 1.3).

FIGURA 1.3 - *COURATARI OBLONGIFOLIA*. SEÇÃO TRANSVERSAL (A, B), TANGENCIAL (C, D) E RADIAL (E, F). VASO DE FORMATO CIRCULAR A OVAL (SETA BRANCA) CRISTAIS PRISMÁTICOS NAS CÉLULAS DO PARÊNQUIMA AXIAL (SETA VERDE)



FONTE: O autor (2018).

Nome Científico: *Couratari stellata*

Família: Lecythidaceae

Nome popular: Tauari

#### Caracteres gerais

Cerne/alburno indistintos pela cor; cerne amarelado-acinzentado; madeira sem brilho nas superfícies longitudinais; moderadamente dura ao corte transversal manual; cheiro imperceptível; apresenta grã direita e textura média.

#### Descrição macroscópica

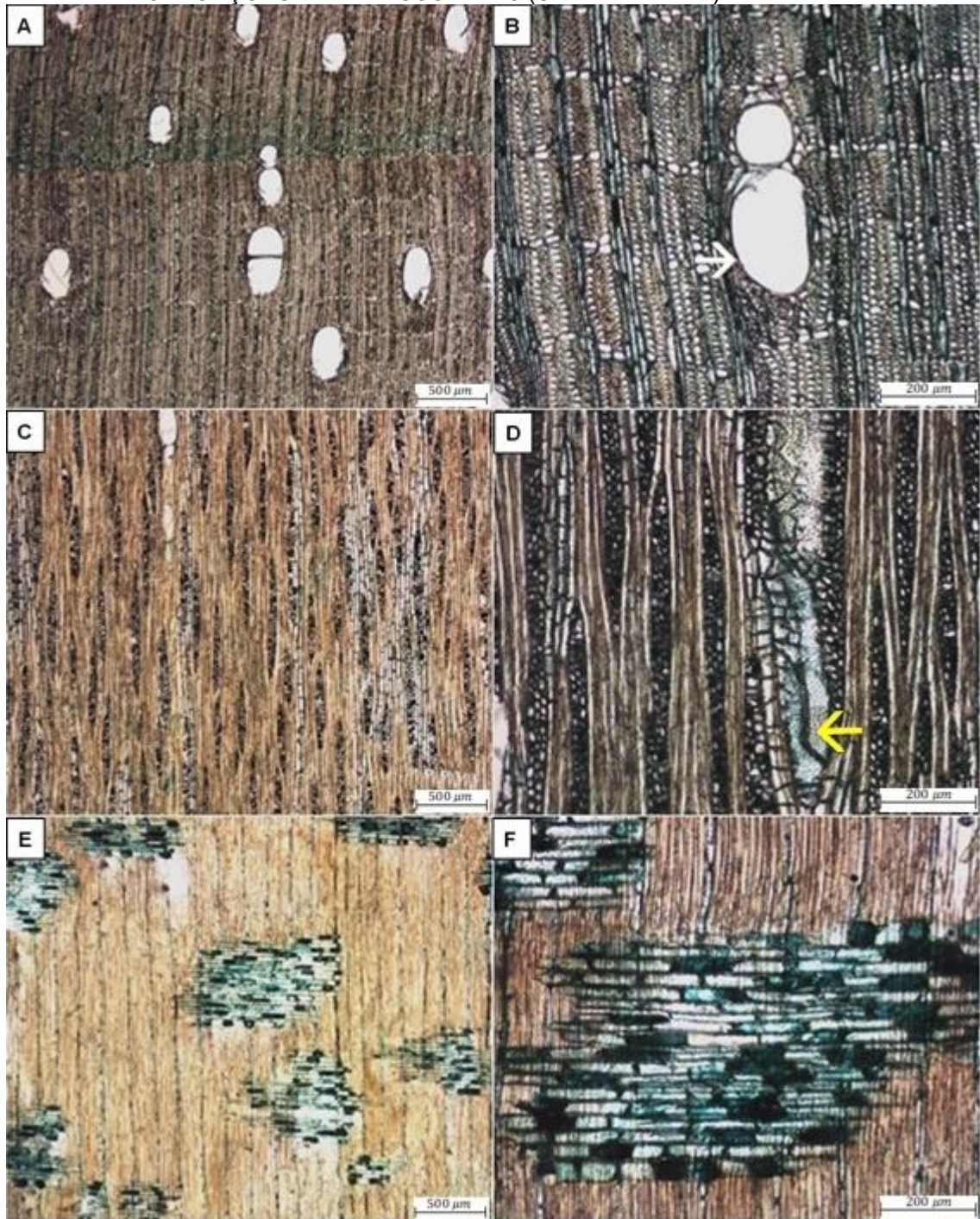
Anéis de crescimento pouco distintos, demarcados por zonas fibrosas mais escuras. Parênquima axial visível a olho nu, reticulado com tendência a escalariforme. Raios visíveis a olho nu; finos e numerosos; regularmente espaçados; estratificação ausente; pouco contrastado no plano longitudinal radial. Vasos visíveis a olho nu; predominantemente solitários e múltiplos de 2; médios e totalmente obstruídos por tilos.

#### Descrição microscópica

Vasos solitários em maioria e múltiplos radiais de 2, com pouca frequência; dispostos em cadeias radiais; de formato circular a oval; distribuição difusa; frequência baixa (5 vasos por mm<sup>2</sup>); diâmetro médio (157-266µm); pontoações intervasculares alternas; placa de perfuração simples; pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares em formato e tamanho. Fibras com pontoações areoladas distintas. Parênquima axial reticulado, com duas células de largura na linha de parênquima. Raios finos (menor 66µm de largura); com largura em número de células de até 4; baixos (597-686 µm de altura); pouco frequentes (6-10 raios por mm); formados exclusivamente por células procumbentes. Cristais prismáticos ausentes; estruturas estratificadas ausentes; estruturas secretoras ausentes; variantes cambiais não observadas; sílicas ausentes (FIGURA 1.4).



FIGURA 1. 4 - *COURATARI STELLATA*. SEÇÃO TRANSVERSAL (A, B), TANGENCIAL (C, D) E RADIAL (E, F). VASO DE FORMATO CIRCULAR A OVAL (SETA BRANCA). PONTOAÇÕES INTERVASCULARES (SETA AMARELA)



FONTE: O autor (2018).

Nome Científico: *Couratari guianensis*

Família: Lecythidaceae

Sinonímia: *Couratari pulchra*

Nome popular: Tauari

#### Caracteres gerais

Cerne/alburno indistintos pela cor; cerne amarelado-acinzentado; madeira sem brilho nas superfícies longitudinais; moderadamente dura ao corte transversal manual; cheiro imperceptível; apresenta grã direita e textura média.

#### Descrição macroscópica

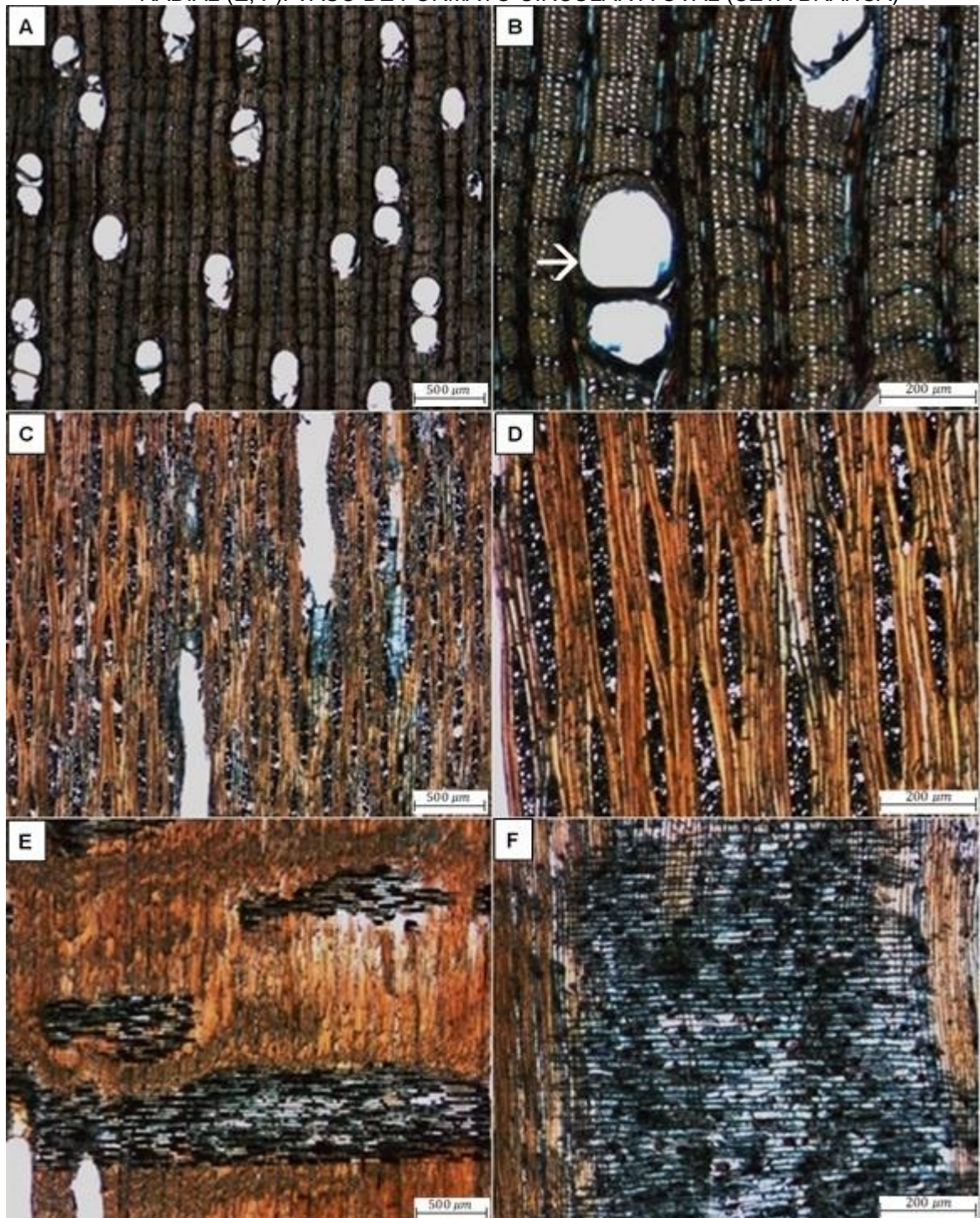
Anéis de crescimento pouco distintos, demarcados por zonas fibrosas mais escuras. Parênquima axial visível a olho nu, reticulado com tendência a escalariforme. Raios visíveis a olho nu; finos e numerosos; regularmente espaçados; estratificação ausente; pouco contrastado no plano longitudinal radial. Vasos visíveis a olho nu; predominantemente solitários e múltiplos de 2; médios; totalmente obstruídos.

#### Descrição microscópica

Vasos solitários e múltiplos radiais de 2 na mesma proporção; dispostos em padrão não definido; de formato circular a oval; distribuição difusa; frequência baixa (5 vasos por mm<sup>2</sup>); diâmetro médio (186-264µm); pontoações intervasculares alternas; placa de perfuração simples; pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares em formato e tamanho. Fibras com pontoações areoladas distintas. Parênquima axial reticulado, com uma célula de largura na linha no parênquima. Raios finos (menor 77µm de largura); com largura em número de células de até 4 células; baixos (540-653µm de altura); pouco frequentes (8-10 raios por mm); formados exclusivamente por células procumbentes. Cristais prismáticos ausentes; estruturas estratificadas ausentes; estruturas secretoras ausentes; variantes cambiais não observadas; sílicas ausentes (FIGURA 1.5).



FIGURA 1.5 - *COURATARI GUIANENSIS*. SEÇÃO TRANSVERSAL (A, B), TANGENCIAL (C, D) E RADIAL (E, F). VASO DE FORMATO CIRCULAR A OVAL (SETA BRANCA)



FONTE: O autor (2018).

Nome Científico: *Eschweilera sp.*,

Família: Lecythidaceae

Nome popular: Matamatá-branco

#### Caracteres gerais

Cerne/alburno indistintos pela cor; cerne amarelado-acinzentado; madeira sem brilho nas superfícies longitudinais; moderadamente dura ao corte transversal manual; cheiro imperceptível; apresenta grã direita e textura média.

#### Descrição macroscópica

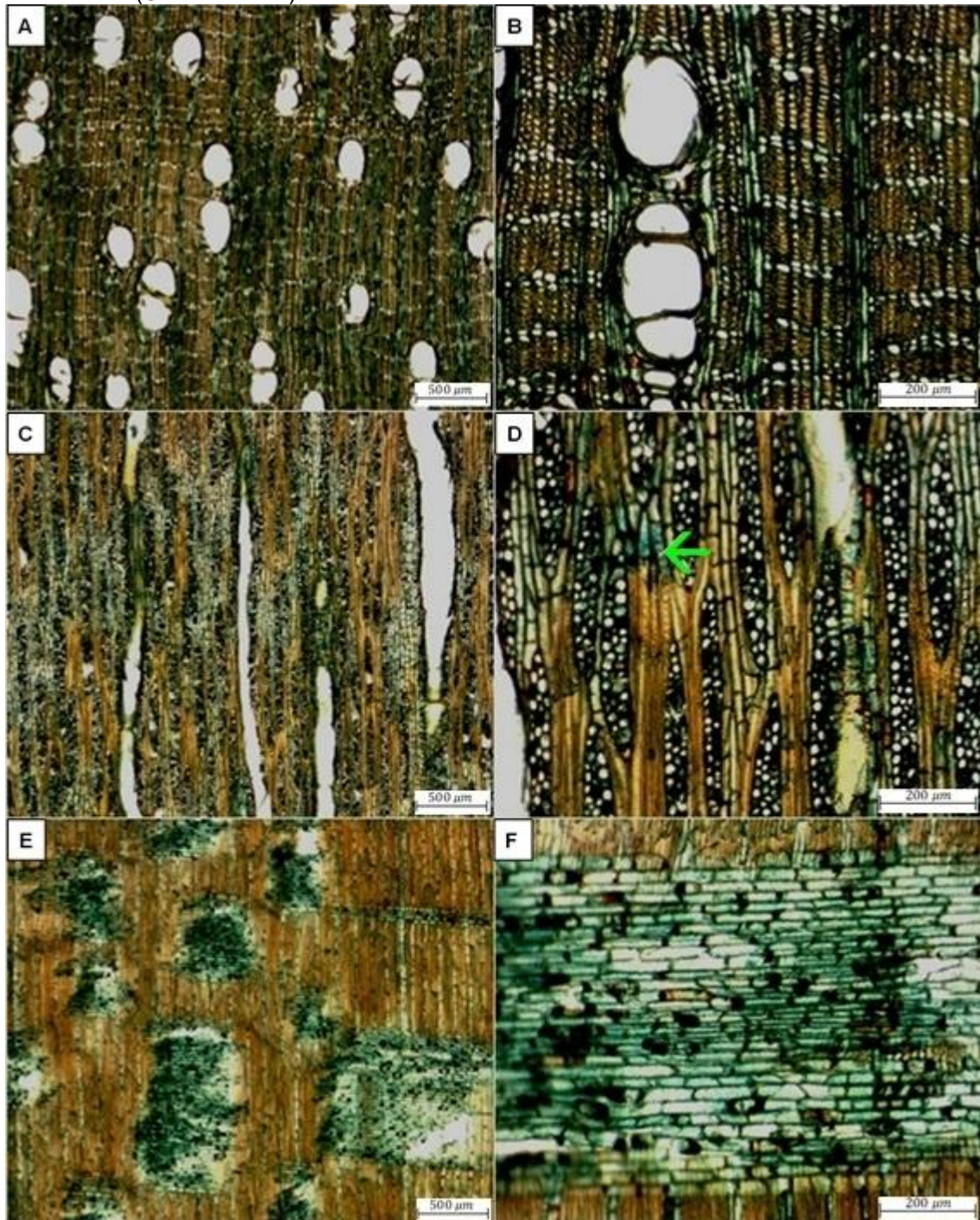
Anéis de crescimento indistintos. Parênquima axial distinto sob lente de 10x, em finas linhas aproximadas, formando com os raios uma trama reticulada; pouco contrastado. Raios visíveis sob lente de 10x, finos e numerosos; irregularmente espaçados. Linhas vasculares retilíneas; pouco contrastado no plano longitudinal radial. Vasos visíveis a olho nu; solitários e múltiplos; médios e totalmente obstruídos.

#### Descrição microscópica

Vasos solitários predominantes e múltiplos de 2 com pouca frequência; distribuição difusa; frequência baixa (até 3/mm<sup>2</sup>); médios (221 µm de diâmetro); pontoações intervasculares alternas; placa de perfuração simples; pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares em formato e tamanho. Fibras com pontoações areoladas distintas. Parênquima axial em finas linhas aproximadas, formando com os raios uma trama reticulada, com duas células na linha de parênquima. Raios finos (47µm de largura); baixos (653 µm de altura); pouco frequentes (8 raios por mm). Cristais prismáticos presentes nas câmeras das células do parênquima axial; estruturas estratificadas ausentes; estruturas secretoras ausentes; variantes cambiais não observadas; sílicas ausentes (FIGURA 1.6).



FIGURA 1.6 - *ESCHWEILERA* SP. SEÇÃO TRANSVERSAL (A, B), TANGENCIAL (C, D) E RADIAL (E, F) CRISTAIS PRISMÁTICOS NAS CÉLULAS DO PARÊNQUIMA AXIAL (SETA VERDE)



FONTE: O autor (2018).



TABELA 1. 4 - CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DAS ESPÉCIES DE *COURATARI* E *ESCHWEILERA*

(Continua)

Município	Espécie	Parâmetros estimados	Raios/mm	Altura raios ( $\mu\text{m}$ )	Largura raios ( $\mu\text{m}$ )	Largura dos raios (número de células)	Poros/mm <sup>2</sup>	Diâmetro vasos ( $\mu\text{m}$ )
Altamira	<i>C. stellata</i>	Mín.	2	421,68	51,17	1	1	209,33
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	3,76 (0,94)	679,19 (216,	66,59 (9,90)	4 (0,69)	3,06 (1,28)	266,84 (26,58)
		Máx.	6	1157,15	90,60	4	5	315,22
	<i>C. oblongifolia</i>	Mín.	3	374,86	38,59	2	1	144,77
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	5,62(1,33)	650,45(177,02)	74,39(17,04)	3,10(0,82)	3,38(1,30)	216,04(32,24)
		Máx.	8	1221,90	109,06	5	6	306,97
	<i>Eschweilera</i> sp.	Mín.	4	351,72	27,68	1	1	167,56
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	6,43 (1,10)	653,30 (255,37)	47,12 (10,93)	2,93 (0,94)	3,6 (1,52)	221,62 (38,06)
		Máx.	8	1367,31	77,25	5	7	317,69
Uruará	<i>C. oblongifolia</i>	Mín.	3	271,34	64,34	1	1	242,75
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	5,43 (1,19)	625,52 (187,82)	85,63 (12,26)	2,36 (0,56)	3,36 (1,25)	290,69 (42,78)
		Máx.	8	1148,97	115,28	3	5	432,97
	<i>C. stellata</i>	Mín.	3	330,72	33,56	1	1	39,29
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	5,61(1,21)	661,34(201,18)	52,87(11,66)	2,20(0,72)	2,10(0,78)	157,63(85,90)
		Máx.	9	1279,07	78,68	4	4	335,71
Novo Progresso	<i>C. stellata</i>	Mín.	3	395,2	33,56	1	1	151,06
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	5,6 (1,07)	686,58 (200,73)	51,18 (10,44)	2,23 (0,82)	2,26 (0,83)	244,89 (43,98)
		Máx.	8	1225,29	69,65	4	4	335,71
	<i>C. guianensis</i>	Mín.	4	225,83	54,11	1	1	175,12
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	6,56 (1,19)	619,84 (224,03)	77,80 (12,02)	2,13 (0,68)	2,6 (1,07)	252,00 (43,75)
		Máx.	9	1480,11	100,22	3	5	348,85
Goianésia	<i>C. guianensis</i>	Mín.	5	166,87	27,57	2	1	110,69
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	6,8 (1,03)	653,26 (230,60)	73,69 (14,53)	2,8 (0,71)	1,83 (0,70)	205,24 (47,46)
		Máx.	8	1166,39	101,30	4	3	312,02
Maracajá	<i>C. guianensis</i>	Mín.	5	265,18	41,14	2	1	199,28
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	6,66 (1,18)	599,44 (243,78)	67,48 (11,46)	3,6 (0,77)	2,33 (0,88)	264,90 (35,83)
		Máx.	9	1407,82	93,96	5	4	363,34
Paragominas	<i>C. guianensis</i>	Mín.	6	218,6	24,33	1	1	119,57
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	7,86 (1,20)	540,65 (186,21)	50,71 (9,59)	2,46 (0,73)	2,23 (0,68)	186,18 (34,48)
		Máx.	10	1086,05	67,95	4	3	257,68

TABELA 1. 4 - CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DAS ESPÉCIES DE *COURATARI* E *ESCHWEILERA*

(Conclusão)

Município	Espécie	Parâmetros estimados	Raios/mm	Altura raios (µm)	Largura raios (µm)	Largura dos raios (número de células)	Poros/mm <sup>2</sup>	Diâmetro vasos (µm)
Anapu	<i>C. stellata</i>	Mín.	3	286,05	47,82	1	1	192,72
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	6,63 (1,45)	597,30 (274,	63,95 (11,30)	3,03 (0,76)	2,2 (0,81)	246,32 (35,08)
		Máx.	10	1446,49	104,90	4	4	316,93
	<i>C. oblongifolia</i>	Mín.	5	243,98	26,01	1	1	150,36
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	6,43 (1,10)	485,88 (180,09)	51,27 (11,57)	2,4 (0,77)	2,03 (0,76)	227,07 (38,87)
		Máx.	9	1151,63	78,02	4	3	291,68
Tailândia	<i>C. oblongifolia</i>	Mín.	4	140,75	53,62	1	1	130,43
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	5,8 (0,89)	710,68 (325,52)	77,04 (9,72)	2,76 (1,01)	2,06 (0,69)	206,93 (31,05)
		Máx.	7	1398,14	96,51	4	3	286,32
Pacajá	<i>C. oblongifolia</i>	Mín.	3	252,73	36,07	1	1	172,1
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	4,7 (0,88)	625,88 (261,	55,29 (12,15)	2,63 (0,81)	2,83 (0,87)	242,46 (43,26)
		Máx.	7	1271,17	81,39	4	5	311,59
Breu Branco	<i>C. oblongifolia</i>	Mín.	3	163,28	39,29	1	1	149,88
		$\hat{\mu}$ ( $\hat{\sigma}$ )	4,46 (0,73)	631,03 (313,09)	87,65 (18,87)	2,83 (1,34)	2,03 (0,81)	246,56 (50,03)
		Máx.	6	1359,27	135,91	5	4	371,39

FONTE: O autor (2018).

Em que: Mín = Mínimo;  $\hat{\mu}$  = Média aritmética; ( $\hat{\sigma}$ )= Desvio padrão; Máx= Máximo.

## 4 CONCLUSÃO

O agrupamento de diversas espécies madeireiras no grupo de “tauaris” ficou evidenciado. O fato mais marcante foi a presença de representantes das famílias Meliaceae e Vochysiaceae dentre as espécies comercializadas como “tauari”. No caso das Meliaceae, a presença do gênero *Cedrela*, listado nas espécies ameaçadas de extinção, mostra a importância de uma correta identificação da madeira.

Por meio da identificação anatômica pôde-se realizar a separação em nível de espécies. No entanto, apenas *Couratari oblongifolia* e *Eschweilera* sp., tiveram diferenças estruturais marcantes entre si, permitindo uma fácil distinção. A distinção entre as demais espécies foi bastante difícil, mesmo sob análise microscópica em função da grande similaridade das espécies.

A adoção de um único nome popular pelas empresas madeireiras no Estado do Pará para designar o grupo “tauari” mascara as informações sobre a diversidade de espécies comercializadas, compromete o uso final da madeira e a relação de confiabilidade entre comprador-vendedor.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E.S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in wood anatomy of some Brazilian species. **IAWA Journal**, v.21, n.1, p. 3-30, 2000.
- BAAS, P.; SCHWEINGRUBER, F.H. Ecological in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin**, v.8, n.3, p. 245-274, 1987.
- BARBOSA, A.P.; VIANEZ, B.F.; VAREJÃO, M.J.; ABREU, R.L.S. Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 42-61, 2001.
- BERNAL, R.A.; CORADIN, V.; CAMARGOS, J.; COSTA, C.; PISSARRA, J. Wood anatomy of Lecythidaceae species called "tauari". **IAWA Journal**, v. 32, n.1, p.1-17, 2011.
- BURGER, M. L.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.
- BRASIL. Portaria MMA nº443, de 17 de dezembro de 2014. "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção". **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, nº 245, p. 110, 18 de dezembro de 2014. Seção 1.
- CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras comerciais de Mato Grosso**: Chave de identificação IBAMA. Brasília, n.3, p.4-82, 1996.
- CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C.A. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, v. 71, p.30-41, 2001.
- CALLADO, C.H.; ROIG, F.A.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BARROS, C.F. Cambial growth periodicity studies of South American woody species – a review. **IAWA Journal**, v. 34, n. 3, p. 213-230, 2013.
- CHAZDON, R.L., FINEGAN, B.; CAPERS, R.S.; SALGADO NEGRET, B.; CASANOVES, F.; BOUKILI, V.; NORDEN, N. Composition and dynamics of functional groups of trees during tropical forest succession in Northeastern Costa Rica. **Biotropica**, v. 42, p. 31-40, 2010.

COSTA, M. L. M. N.; BAJGIELMAN, T. **Estratégia nacional para a conservação ex situ de espécies ameaçadas da Flora Brasileira**. Centro Nacional de Conservação da Flora-CNCFlora: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016, 24p.

CORADIN, V.T.R.; CAMARGOS, J.A.A.; PASTORE, T.C.M.; CHRISTO, A.G. Versão 1.0.2. Madeiras Comerciais do Brasil, **Chave Eletrônica**, 2011.

FERREIRA, G. C.; GOMES, J. I.; HOPKINS, M. J. G. Estudo anatômico de espécies de Leguminosae no estado do Pará comercializadas como “angelim. **Acta Amazonica**, v.34, n.3 p.387-398, 2004.

FONSECA, A.; JUSTINO, M.; SOUZA JR, C.; VERÍSSIMO, A. **Transparência Florestal: Amazônia Legal**. 1 ed. Imazon, Belém PA, 10p, 2017.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS (**FAPESPA**). Estatísticas Municipais Paraense: Diretoria de estatística e de Tecnologia e Gestão da Informação. Belém, 2016 55p.

GARZÓN, R.A.B. **Estudo anatômico comparativo do lenho das espécies de Lecythidaceae denominadas “tauari”**. Brasília-DF, 62p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de Brasília-DF, departamento de Botânica, Brasília-DF 2004.

GASSON, P. How precise can wood identification be? Wood Anatomy's Role in Support of the Legal Timber Trade, Especially CITES. **IAWA Journal**, v. 32, n.2, p.137-154, 2011.

HÉRAULT, B.; OUALLET, J.; BLANC, L.; WAGNER, F.; BARALOTO, C. Growth responses of neotropical trees to Logging gaps. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, p. 821-831, 2010.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Padronização da nomenclatura comercial brasileira das madeiras tropicais amazônicas**. Brasília, 1991, 56p.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **10 espécies mais comercializadas por Estado (tora, madeira serrada)**. Brasília, 2006, 10p.

IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Informação estratégica para a gestão florestal no Brasil: período 2007-2009.** Brasília, 2010, 56p.

ITTO. INTERNACIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION (ITTO). **Utilization of lesser utilized timber species of Guyana.** Guyana Forestry Commission, 2005. 21p.

IAWA COMMITTEE. List of microscopic feature of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 3, n.10, p. 221- 332, 1989.

JANKOWSKY, I. P. **Madeiras Brasileiras.** São Paulo: IPT, 1990.

LENS, F.; BAAS, P.; JANSEN, S.; SMETS, E. A search for phylogenetically informative wood characters within Lecythidaceae S. L. **American Journal of Botany**, v. 94 p. 483-502, 2007.

LEÓN, W.J.H. Estudio anatómico de la madera en 17 especies de la familia Lecythidaceae de Venezuela. **Revista Forestal Venezolana**, v. 52, p. 213-225, 2008.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil.** Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1 ed., Rio de Janeiro, 2013. 1100p.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons.** Oxford. Clarendon Press, 1950.

MORI, S. Diversificação e conservação das Lecythidaceae neotropicais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n.1, p. 45-68, 1990.

NAHUZ, M.A.R. **Madeiras brasileiras para a construção civil.** São Paulo: IPT, 2013.

PASTORE, T. C. M.; BRAGA, J. W. B.; CORADIN, V. T. R. Near infrared spectroscopy (NIRS) as a potential tool for monitoring trade of similar woods: Discrimination of true mahogany, cedar, andiroba, and curupixá. **Holzforschung**, v. 65, p. 73-80, 2011.

PAULA, J.E.; COSTA, K.P. **Densidade da madeira de 932 espécies nativas do Brasil.** Porto alegre: Cinco Continentes, 2011.

PROCÓPIO, L.C.; SECCO, R. S. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do “tauari” (*Couratari* spp e *Cariniana* spp – *Lecythidaceae*) em duas áreas manejadas no Estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 31- 44, 2008.

SANTINI JUNIOR, L. **Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializada no Estado de São Paulo-programa São Paulo amigo da Amazônia e Cadmadeira**. Piracicaba, 274 p. Dissertação (Mestrado em recursos florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2014 a 31/12/2014**. Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2014. 76p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2015 a 31/12/2015**. Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2015. 67p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2006 a 21/02/2016**. Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2016a. 167p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2016 a 21/02/2016**. Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2016b. 39p.

SILVA, R.C.V.M. **Coleta e identificação de espécimes botânicos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

SOARES, L.F.; SILVA, D.C.; BERGO, M.C.J.; CORADIN, V.T.R.; BRAGA, J.W.B.; PASTORE, T.C.M. Avaliação de espectrômetro NIR portátil e PLS-DA para a discriminação de seis espécies similares de madeira Amazônicas. **Química Nova**, v. 40, p. 418-420, 2017.

VASCONCELLOS, F. J.; SILVA, A. C.; FREITAS, J.A. Deposição de sílica e cristais no xilema de espécies tropicais da família Caesalpiniaceae. **Revista Árvore**, v.17, n.3, p. 369-374, 1993.

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; LENTINI, M. **Pólos madeireiros do Estado do Pará**. Belém: Imazon, 2002.

VIERA, D.S.; GAMA, J.R.V.; OLIVEIRA, M.L.R.; RIBEIRO, R.B.S. Análise estrutural e uso múltiplo de espécies arbóreas em florestas manejadas no médio vale do Rio Curuá-Una, Pará. **Floresta**, v. 45, p. 465-476, 2015.



## CAPITULO 2

### COLORIMETRIA DE ESPÉCIES COMERCIALIZADAS COMO TAUARI ORIUNDAS DE FLORESTAS DA AMAZÔNIA

#### RESUMO

Este trabalho teve por objetivo utilizar como suporte, a técnica de colorimetria quantitativa e a curva de reflectância no espectro do visível, para determinar a variação entre espécies e verificar o potencial dessas ferramentas para a identificação de madeiras do grupo “tauari”. Foi utilizado o sistema CIELAB para determinação da cor de 43 amostras de madeiras e 15 espécies distintas provenientes de 21 procedências diferentes, advindas dos acervos das Xilotecas (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emilio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental e dos principais pólos madeireiros do Estado do Pará. De cada amostra, extraíram-se corpos de prova com 2,5 centímetros de comprimento sob os quais realizadas as medições nas três direções: transversal (T), tangencial (L1) e radial (L2). As variáveis ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$ , e  $h^*$ ), foram analisadas quanto à normalidade pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov* (K-S), sob 95% de probabilidade, tanto por espécies quanto por procedência. A comparação entre médias foi realizada através do teste de Tukey a 95% de probabilidade. A coordenada  $b^*$ , que manifesta o pigmento amarelo, exerceu maior peso na caracterização da cor das 43 amostras comercializadas como “tauari”, sendo mais evidente nas seções tangenciais e radiais. O fator procedência influenciou na coloração das madeiras. A técnica de colorimetria pode ser utilizada como uma ferramenta de suporte na identificação de madeira. No entanto, sugere-se o emprego concomitante da colorimetria com a descrição anatômica da madeira, haja vista a complexidade de separação em nível de espécie das madeiras de “tauari”.

Palavras-chave: Parâmetros colorimétricos. *Couratari* spp.

## ABSTRACT

The objective of this work was to use the quantitative colorimetric technique and the reflectance curve in the visible spectrum to support variation among species and to verify the potential of these tools for the identification of wood from the tauari group. The CIELAB system was used to determine the color of 43 wood samples and 15 different species from 21 different origins, coming from the collections of the (Walter A. Egler Collection) of the Museu Paraense Emilio Goeldi and Embrapa Amazônia Oriental and the main timber zones from Para state. From each sample, 2.5 centimeters were extracted and measurements from transversal (T), tangential (L1) and radial (L2) surface were taken. The variables ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , C, and  $h^*$ ) were analyzed for normality by the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test, under 95% probability, by species and by origin. The comparison between mean values was performed using the Tukey test at 95% probability. The coordinate  $b^*$ , which manifests the yellow pigment, exerted greater weight in the characterization of the color of the 43 samples of the "tauari" group, being more evident in the tangential and radial sections. The origin factor influenced the wood coloration. The colorimetric technique can be used as a support tool in the identification of wood. However, the simultaneous use of colorimetry with the anatomical description of wood is suggested, given the complexity of the species-level separation of "tauari" woods.

Keywords: Colorimetric parameters. *Couratari* spp.

## 1 INTRODUÇÃO

A destruição das florestas brasileiras está ameaçando a biodiversidade de plantas, alertando a sociedade para o risco de extinção de espécies (COSTA; BAJGIELMAN, 2016). Para a Amazônia brasileira, estimam-se 87 espécies ameaçadas de extinção, 90 com dados insuficientes e 142 não ameaçadas, mas consideradas de interesse para conservação e pesquisa (MARTINELLI; MORAES, 2013).

O grupo conhecido popularmente como “tauari” apresenta valor comercial na Amazônia brasileira e problemas de identificação das diferentes espécies dentro do gênero *Couratari* são muito comuns em função da grande similaridade entre as madeiras. A utilização de múltiplos nomes para uma mesma espécie e/ou diferentes espécies com o mesmo nome popular é frequente (CORADIN; CAMARGOS, 2002). No caso dos tauaris, múltiplas espécies são conhecidas por um único nome popular, a exemplo: *Couratari guianensis*, *C. oblongifolia*, *C. pulchra*, *C. stellata*, *C. multiflora*, *C. tauari*, *C. macrosperma* e *Cariniana micrantha* (IBAMA, 1991), confirmando a necessidade de uma nova reclassificação para as espécies consideradas emblemáticas a nível de identificação *in loco*.

Visando auxiliar o processo de identificação das espécies, Camargos e González (2001) destacam que a cor é uma das mais extraordinárias características para a identificação de espécies e indicação de usos, sobretudo quando associada aos aspectos de textura e desenho da madeira. De acordo com Ribeiro (2009), a colorimetria pode ser utilizada para a identificação, caracterização e qualificação da madeira já que a cor está correlacionada com suas propriedades.

O sistema CIELAB é o mais utilizado para medição da cor da madeira devido a sua facilidade de interpretação e cálculo de cores diferentes. Atayde et al. (2011) expõem que o sistema CIELAB estima a cor da madeira em três coordenadas: luminosidade ( $L^*$ ), representando a posição no eixo preto-branco; coordenada cromática ( $a^*$ ), definindo a posição no eixo verde-vermelho; coordenada cromática ( $b^*$ ), definindo a posição no eixo azul-amarelo. Além disso, os parâmetros de saturação ( $C$ ) e ângulo de tinta ( $h^*$ ), que derivam das coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ , podem ser obtidos.

As características do material e a homogeneidade da cor têm desempenhado um importante papel para estabelecer os preços da madeira serrada (MÖTTÖNEN et al., 2002). A cor é um dos parâmetros da estética, que está associada à superfície e ao desenho da peça de madeira, e por esta razão exige um padrão de qualidade que deve ser incorporado à sua caracterização tecnológica para atender aos mais diversos usos no mercado mundial (MORI et al., 2005).

A cor da madeira pode variar entre espécies e dentro da árvore, entre cerne e alburno (DÜNISH et al., 2010), e também é influenciada pelo solo, clima, idade e tratamentos silviculturais (LIU et al., 2005), além de estar relacionada a fatores genéticos (BRADBURY et al., 2011). Em função dessa variação, a aplicação da colorimetria na identificação de espécies deve ser feita com cuidado (GARCIA et al., 2014).

Desta forma, tendo em vista a importância socioeconômica e ecológica das espécies do grupo “tauari”, aliada às dificuldades de identificação em campo, este trabalho teve por objetivo caracterizar amostras de madeiras comercializadas como “tauari”, oriundas de diferentes regiões das florestas tropicais da América do Sul. Para isso, utilizou-se como suporte, a técnica de colorimetria quantitativa e a curva de refletância no espectro do visível, para determinar a variação entre as espécies, e por conseguinte, verificar o potencial dessas ferramentas para a identificação da madeira.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Nesta pesquisa utilizaram-se 43 amostras de madeiras do grupo “tauari”, provenientes de 15 espécies distintas e 21 procedências diferentes. O banco de dados base para as análises foi formado por 25 amostras cedidas por acervos científicos, sendo 16 da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emilio Goeldi e 9 da Embrapa Amazônia Oriental do Estado do Pará (TABELA 1.2, capítulo,1, página 32). Para complementação da pesquisa foram coletadas mais 18 amostras de madeiras comercializadas como “tauari” em diferentes polos madeireiros do Estado do Pará. A identificação das espécies ocorreu no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná, UFPR (TABELA 1.3, capítulo,1, página 35).

### 2.2 MEDIÇÃO DA COR

A determinação da cor das amostras de madeira de “tauari” foi realizada através do sistema CIELAB (1976), usando-se o espectrofotômetro Konica Minolta CM-5, acoplado a um computador com programa SpectraMagic NX. O iluminante utilizado foi o D65 com uma lâmpada de xenônio difusa que simula a radiação solar diurna com um ângulo de observação de 10 graus.

Das 43 amostras de madeira de “tauari” foram extraídos corpos de prova com 2,5 centímetros de comprimento, os quais foram submetidos a medições aleatórias das cores, nas três direções de corte da madeira: transversal (T), tangencial (L1) e radial (L2). Em cada corpo de prova, fizeram-se 18 medições (seis em cada direção), totalizando 774 medidas na região do espectro visível, no intervalo de 360 a 740nm. Foram obtidos os seguintes parâmetros colorimétricos: luminosidade ( $L^*$ ); coordenada do eixo verde-vermelho ( $a^*$ ); e coordenada do eixo azul-amarelo ( $b^*$ ). Com os valores anteriores foram calculados a saturação (C) e o ângulo de tinta ( $h^*$ ) de acordo com as equações (1) e (2), respectivamente.

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (1)$$

$$h^* = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

## 2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$ , e  $h^*$ ) obtidos das 43 amostras de madeira de “tauari” foram submetidos ao teste de *Kolmogorov-Smirnov* ( $K-S$ ), sob 95% de probabilidade, para constatação de normalidade univariada, exigida por testes de comparações paramétricos. Quando a distribuição dos dados amostrais não seguiu a curva de normalidade efetuou-se a transformação Box-Cox. Após constatação de normalidade aplicou-se o teste de comparação de médias de Tukey sob 95% de probabilidade ( $\alpha = 0,05$ ). Os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do software Statgraphics (XVII-X64). A análise de Componentes Principais (PCA) com os dados da curva de refletância foi efetuada no software Unscrambler X (versão 10.1).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 COLORIMETRIA DAS AMOSTRAS DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Os valores médios e os coeficientes de variação dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  e  $h^*$ ), obtidos por espécie, para as amostras da Xiloteca do Museu Paraense Emilio Goeldi estão na TABELA 2.1. Todos os parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  e  $h^*$ ) reportaram diferenças estatísticas significativas através do teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

TABELA 2.1 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR ESPÉCIE, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI

Espécie	$L^*$		$a^*$		$b^*$		$C$		$h^*$	
	Média	CV%	Média	CV%	Média	CV	Média	CV	Média	CV
<i>C. stellata</i>	52,08a	18,9	10,34bc	16,5	25,53ab	21,6	27,62ab	19,6	67,43a	6,4
<i>C. macrosperm</i>	56,02a	13,8	11,04c	26,8	26,29ab	29,4	28,63bc	17,4	66,72a	8,5
<i>C. multiflora</i>	58,38b	14,4	9,99bc	36,1	25,60ab	14,7	27,77b	11,8	68,71ab	11,9
<i>C. tauari</i>	59,54b	5,9	7,49a	12,5	22,99a	4,3	24,21a	13,7	71,97b	4,2
<i>C. pulchra</i>	60,66b	10,7	8,77ab	22,9	26,57ab	14,6	28,02b	14,6	71,72b	4,3
<i>C. guianensis</i>	60,97b	11,4	9,71bc	27,3	27,35b	15,5	29,10b	15,7	70,58b	5,9
<i>C. oblongifolia</i>	67,29c	2,4	9,79abc	3,6	31,31c	1,2	32,82c	6,8	72,73bc	2,3

FONTE: O autor (2018).

Em que:  $L^*$  = luminosidade;  $a^*$  = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde;  $b^*$  = coordenada do eixo vertical azul-amarelo;  $C$  = saturação ou cromaticidade;  $h^*$  = ângulo de tinta; CV% = coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A espécie *Couratari oblongifolia* teve valores significativamente superiores nos parâmetros  $L^*$  e  $b^*$  em relação às demais espécies. A cromaticidade ( $C$ ) teve valor superior em *C. oblongifolia*, porém com igualdade de médias com *C. macrosperma*. O parâmetro  $a^*$  foi estatisticamente igual entre todas as espécies. *C. oblongifolia* teve diferenças de médias no parâmetro  $h^*$  com *C. stellata* e *C. macrosperma*.

Para todas as espécies, constatou-se a predominância de uma tonalidade mais clara corroborando com os valores de  $h^*$ , já que quanto maior a razão  $b^*/a^*$  mais acentuado será o ângulo de tinta. Assim, as sete espécies tiveram baixo valor de pigmentação avermelhada dada pela coordenada  $a^*$  e forte influência da coloração amarela dada pela coordenada  $b^*$ .

As espécies *C. stellata*, *C. macrosperma*, *C. multiflora*, *C. pulchra*, *C. tauari* e *C. guianensis*, apresentaram clareza ( $L^*$ ) média, assemelhando-se às madeiras

descritas por Barros et al. (2013) que analisaram a variabilidade da cor da madeira nas seções anatômicas (radial, tangencial e transversal) das espécies Breu-vermelho, Tauari-vermelho e Pequiarana.

Camargos e Gonzalez (2001) propuseram 25 grupos de cores das madeiras obtidos por meio de agrupamento de cluster, para as variáveis cromáticas. Assim, baseado na classificação proposta, pode-se enquadrar as sete espécies em três clusters de cores: Cluster 13 (marrom-oliva): *C. stellata*, *C. macrosperma*, *C. multiflora*, *C. pulchra* e *C. guianensis*; Cluster 18 (oliva-amarelado): *C. tauari*; e Cluster 5 (amarelo-claro): *C. oblongifolia*. Nas sete espécies, a presença sobressalente da pigmentação amarelada foi regulada pela coordenada  $b^*$ . Além disso, o valor quantitativo da luminosidade ( $L^*$ ), que variou de 52,08 a 67,29, foi determinante para a composição dos tons mais claros das madeiras.

Os valores médios e os coeficientes de variação dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , C e  $h^*$ ), obtidos por procedência de diferentes regiões do Brasil e Suriname, para as amostras do Museu Paraense Emílio Goeldi estão na TABELA 2.2.

Os testes de médias entre procedências, dentro de cada espécie, reportaram diferenças não significativas ( $\alpha > 0,05$ ) na coordenada  $a^*$  para *C. stellata*, *C. pulchra* e *C. multiflora*. Para o parâmetro  $h^*$  a não rejeição de igualdade entre procedências foi constatada apenas em *C. multiflora*. As procedências P1 e P2 de *C. stellata* e (P3 e P4) de *C. pulchra* evidenciaram médias distintas, dentro das espécies, para os parâmetros ( $L^*$ ,  $b^*$ , C e  $h^*$ ). Em geral, os parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $b^*$ , C e  $h^*$ ) de *C. stellata* e *C. pulchra* foram superiores para a procedência do Suriname (P1) e Pará (P4), respectivamente.

*Couratari multiflora* mostrou diferenças estatísticas para suas procedências nos parâmetros ( $L^*$ ,  $b^*$  e C). Nos parâmetros  $b^*$  e C, a P7 (Roraima) teve médias superiores às de Tocantins (P6), porém iguais às da P5 (Suriname). A procedência de Roraima (P7) teve luminosidade ( $L^*$ ) superior e P6 destacou-se pela elevada dispersão dos dados em relação à média dos seus parâmetros.

*Couratari guianensis*, apesar da maior representatividade de origens, revelou bastante similitude entre procedências. O parâmetro C foi significativamente inferior na procedência de Roraima (P13). Nas procedências do Pará (P11) e Roraima (P13) foram constatados valores superiores para o parâmetro  $h^*$ .



TABELA 2.2 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI

Espécie	P	L*		a*		b*		C		h*	
		Media	CV%	Media	CV%	Media	CV%	Media	CV%	Media	CV%
<i>C. stellata</i>	P1-SME	60,96a	5,9	10,55a	7,5	30,16a	7,0	31,96a	6,8	70,69a	1,8
	P2-RR	43,20b	10,3	10,12a	22,7	20,91b	17,2	23,27b	17,2	64,17b	5,8
<i>C. pulchra</i>	P3-MT	56,57a	7,2	9,19a	26,7	24,53a	16,4	26,22a	17,5	69,73a	3,5
	P4-PA	64,76b	9,0	8,36a	16,6	28,60b	8,6	29,82b	8,6	73,72b	3,0
<i>C. multiflora</i>	P5-SME	57,44a	9,2	9,52a	16,7	25,41ab	9,5	27,17ab	9,2	69,42a	4,6
	P6-TO	52,64a	16,2	10,39a	53,9	23,60a	19,8	26,54a	12,6	66,36a	20,2
	P7-RR	65,06b	9,3	10,05a	24,8	27,81b	9,5	29,61b	10,9	70,37a	4,5
<i>C. guianensis</i>	P11-PA	68,61c	6,5	8,47ab	20,9	29,77b	8,6	30,98bc	9,2	74,24b	3,1
	P12-PA	59,17ab	5,9	11,65c	33,4	29,93b	18,9	32,18c	20,4	69,31a	5,6
	P13-RR	63,83bc	9,4	6,90a	32,8	23,05a	13,2	24,11a	14,3	73,60b	4,8
	P14-SME	59,04ab	14,4	10,28bc	13,8	27,97b	11,8	29,88bc	9,5	69,50a	6,4
	P15-SME	60,05ab	8,4	9,60bc	8,9	26,53ab	12,8	28,23b	12,1	69,96a	2,6
	P16-AP	55,07a	9,1	11,36c	8,5	26,85b	11,2	29,20bc	9,3	66,86a	4,8

FONTE: O autor (2018).

Em que: P=procedência; L\* = luminosidade; a\* = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde; b\* = coordenada do eixo vertical azul-amarelo; C = saturação ou cromaticidade; h\* = ângulo de tinta; CV% = coeficiente de variação; SME = Suriname; RR = Roraima; MT = Mato Grosso; PA = Pará; TO = Tocantins; AP = Amapá; médias seguidas pela mesma letra, entre procedências, dentro da mesma espécie, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Embora se tenha constatado igualdade de médias entre procedências de uma mesma espécie, para alguns parâmetros colorimétricos, houveram-se indícios de que o fator procedência pode afetar a cor da madeira de tauari, sobretudo, quando considerados os parâmetros L\* e b\*, haja vista a não significância de a\* entre procedências de três espécies.

Na TABELA 2.3 estão os valores médios e o coeficiente de variação dos parâmetros colorimétricos (L\*, a\*, b\*, C e h\*), obtidos em função das seções T (transversal), L1 (tangencial) e L2 (radial), para as 16 procedências do gênero *Couratari*.

O teste de Tukey foi aplicado para atestar a existência de diferenças significativas, dentro de cada procedência, para as médias dos parâmetros colorimétricos entre as seções, sob a probabilidade de 95%. Em geral, as médias aritméticas dos parâmetros colorimétricos, em função das seções, tiveram respostas variadas para teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), ainda que para procedências de uma mesma espécie. A procedência P1(*Couratari stellata*) possui médias, entre seções, estatisticamente diferentes em todos os parâmetros colorimétricos. Na P1 os parâmetros L\*, b\* e C foram inferiores na seção transversal (T). Para P2 (*Couratari*

*stellata*) apenas o parâmetro h\* apresentou médias diferentes, estatisticamente, com maiores ângulos de tinta nas seções L1 (tangencial) e L2 (radial).

TABELA 2.3 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, DENTRO DE CADA SEÇÃO, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI.

							(Continua)	
Procedência	Parâmetro	T		L1		L2		
		Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	
Couratari stellata	P1	L*	57,33a	4,81	64,93c	1,81	60,63b	2,02
		a*	9,98a	4,38	10,20a	4,00	11,47b	3,76
		b*	27,54a	5,15	31,33b	2,30	31,62b	1,95
		C	29,30a	4,61	32,95b	2,02	33,63b	2,03
		h*	70,06a	1,74	71,97b	1,19	70,06a	0,76
	P2	L*	40,37a	8,61	45,13a	2,12	44,11a	14,24
		a*	10,02a	15,37	9,66a	23,53	10,70a	29,04
		b*	18,18a	11,88	22,80a	12,74	21,74a	18,87
		C	20,77a	12,13	24,77a	14,42	24,28a	20,08
		h*	61,18a	3,76	67,27b	2,93	64,06ab	6,06
Couratari pulchra	P3	L*	56,87a	6,51	57,90a	10,11	54,93a	3,04
		a*	8,31b	7,76	6,87a	8,89	12,38c	2,93
		b*	22,98a	10,40	21,16a	7,97	29,47b	3,06
		C	24,44a	9,96	22,27a	6,87	31,96b	2,97
		h*	70,05b	1,51	71,91b	3,34	67,22a	0,55
	P4	L*	58,26a	5,69	68,00b	2,67	68,02b	7,35
		a*	9,09a	17,34	7,76a	3,13	8,22a	20,83
		b*	28,90a	11,32	29,99a	4,16	26,93a	5,83
		C	30,32a	11,23	30,98a	3,80	28,17a	7,20
		h*	72,54a	3,23	75,46b	1,17	73,15ab	3,01
Couratari multiflora	P5	L*	59,31a	14,38	58,80a	2,86	54,20a	1,03
		a*	7,70a	8,85	9,54b	4,20	11,31c	3,66
		b*	24,21a	15,39	25,40a	5,57	26,62a	3,00
		C	25,45a	13,07	27,14ab	5,29	28,92b	2,91
		h*	71,89b	6,11	69,39ab	0,97	66,98a	0,93
	P6	L*	55,06b	3,76	60,40b	6,17	42,47a	11,94
		a*	7,20a	17,73	8,58a	6,78	15,39b	49,69
		b*	22,67ab	4,86	27,83b	1,72	20,30a	29,99
		C	23,82a	3,59	29,12b	1,57	26,67ab	16,95
		h*	72,34b	4,89	72,87b	1,63	53,87a	32,93
	P7	L*	63,13a	2,18	70,99b	9,14	61,06a	6,44
		a*	8,64a	7,31	8,81a	25,90	12,70b	13,37
		b*	25,43a	5,64	27,82ab	6,53	30,18b	7,17
		C	26,86a	5,53	29,22a	8,37	32,76b	7,53
		h*	71,23b	1,47	72,63b	4,16	67,24a	3,31
Couratari oblongifolia	P8	L*	66,12a	2,40	71,25b	1,08	64,50a	2,43
		a*	8,95a	7,81	8,63a	3,34	11,79b	3,61
		b*	30,68b	2,84	29,54a	0,79	33,71c	1,16
		C	31,96b	2,82	30,78a	0,87	35,72c	1,12
		h*	73,74b	1,62	73,72b	0,65	70,72a	0,95
Couratari macrosp.	P9	L*	49,82a	5,28	65,85b	1,78	52,37a	13,77
		a*	11,13a	23,26	9,93a	5,05	12,06a	26,80
		b*	23,20a	5,98	30,20b	2,13	25,46ab	29,40
		C	25,85a	4,09	31,79a	2,14	28,25a	27,63
		h*	64,44a	9,38	71,80b	1,14	63,92a	7,95
Couratari tauari	P10	L*	55,00a	11,84	62,60b	4,22	61,02ab	5,89
		a*	6,85a	8,90	6,15a	11,64	9,48b	12,50
		b*	21,25a	15,62	21,43a	5,04	26,30b	4,32
		C	22,36a	13,72	22,31a	4,11	27,97b	5,06
		h*	71,74a	5,27	73,93a	3,22	70,24a	2,41

TABELA 2.3 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, DENTRO DE CADA SEÇÃO, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI.

(Conclusão)								
Procedência	Parâmetro	T		L1		L2		
		Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	
Couratari guianensis	P11	L*	66,83a	7,28	67,10a	4,12	71,91a	5,54
		a*	7,50a	4,96	10,45b	10,24	7,48a	20,84
		b*	28,46a	5,93	32,20b	3,03	28,67a	9,93
		C	29,44a	5,59	33,86b	3,18	29,65a	10,20
		h*	75,21b	1,35	72,04a	2,28	75,47b	3,12
	P12	L*	60,53b	4,79	61,41b	1,51	55,56a	5,13
		a*	6,38a	4,79	13,70b	1,97	14,88c	4,75
		b*	22,54a	11,60	34,75b	1,83	32,49b	2,15
		C	23,43a	10,88	37,36b	1,61	35,75b	1,85
		h*	74,07c	2,11	68,48b	0,78	65,39a	1,82
	P13	L*	58,18a	3,17	69,45b	1,77	63,87ab	10,01
		a*	8,14a	21,01	5,96a	14,81	6,61a	49,60
		b*	22,86a	13,26	24,18a	7,63	22,12a	18,26
		C	24,27a	14,08	24,91a	8,01	23,16a	20,71
		h*	70,59a	2,29	76,21b	1,31	73,99ab	6,12
	P14	L*	53,38a	20,09	65,25b	1,75	58,52ab	11,33
		a*	9,97a	16,67	9,55a	4,21	11,33a	12,11
		b*	24,84a	16,92	29,90b	2,00	29,17b	3,27
		C	26,92a	12,14	31,39b	2,16	31,32b	2,17
		h*	67,45a	9,93	72,30a	0,61	68,76a	4,08
	P15	L*	55,60a	12,19	62,03b	2,44	62,54b	2,64
		a*	9,01a	3,71	9,72a	5,41	10,07a	11,80
		b*	23,85a	16,96	27,36ab	4,48	28,39b	9,86
		C	25,52a	15,15	29,04ab	4,54	30,12b	10,07
		h*	68,93a	4,25	70,45a	0,59	70,49a	0,62
	P16	L*	48,68a	4,48	58,12b	3,03	58,42b	3,67
		a*	12,04a	9,33	10,87a	7,27	11,17a	5,43
		b*	23,15a	6,41	28,58b	5,86	28,82b	3,04
		C	26,10a	6,89	30,58b	6,02	30,91b	3,10
		h*	62,55a	1,72	69,19b	0,57	68,83b	1,25

FONTE: O autor (2018).

Em que: L\* = luminosidade; a\* = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde; b\* = coordenada do eixo vertical azul-amarelo; C = saturação ou cromaticidade; h\* = ângulo de tinta; CV% = coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, entre seções de cada procedência, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; T = seção transversal; L1= seção tangencial; L2 = seção radial.

Em relação a P3 (*C. pulchra*) apenas para a luminosidade L\* não houve diferenças de médias ( $\alpha > 0,05$ ) entre seções. Os parâmetros a\*, b\* e C foram superiores na seção radial (L2). Porém, o ângulo de tinta (h\*) foi inferior em L2. De modo contrário, a P4 (*C. pulchra*) não apresentou diferenças estatísticas, entre seções, para os parâmetros a\*, b\* e C. A menor média de luminosidade (L\*) foi observada para a seção T.

Nas procedências P5, P6 e P7 (*C. multiflora*) observou-se, na maioria dos casos, diferenças estatísticas entre as médias das seções, com exceção para os parâmetros L\* e b\* da P5. Na P6 a luminosidade L\* foi menor na seção L2, enquanto

que na P7 o parâmetro  $L^*$  foi superior em L1. O ângulo de tinta ( $h^*$ ) foi inferior em L2 para P6 e P7. Os parâmetros  $a^*$  e C foram superiores em L2 na P7.

As procedências P8 (*C. oblongifolia*) e P10 (*C. tauari*) tiveram médias de  $a^*$ ,  $b^*$  e C significativamente maiores na seção radial (L2). Na P9  $a^*$  e C não diferiram, estatisticamente, entre seções. As maiores médias de luminosidade ( $L^*$ ) em L1 foram observadas nas procedências P8 (*C. oblongifolia*) e P9 (*C. macrosperma*). O ângulo de tinta ( $h^*$ ) foi inferior em L2 para P8, porém superior em L1 para P9.

Nas procedências P13, P14, P15 e P16 (*C. guianensis*) os resultados médios foram não significativos, entre seções, para a coordenada  $a^*$ . A luminosidade  $L^*$  foi menor na seção transversal em P15 e P16, porém em P12 foi menor em L2. O ângulo de tinta ( $h^*$ ) foi inferior nas seções L1, L2 e T para as procedências P11, P12 e P16, respectivamente.

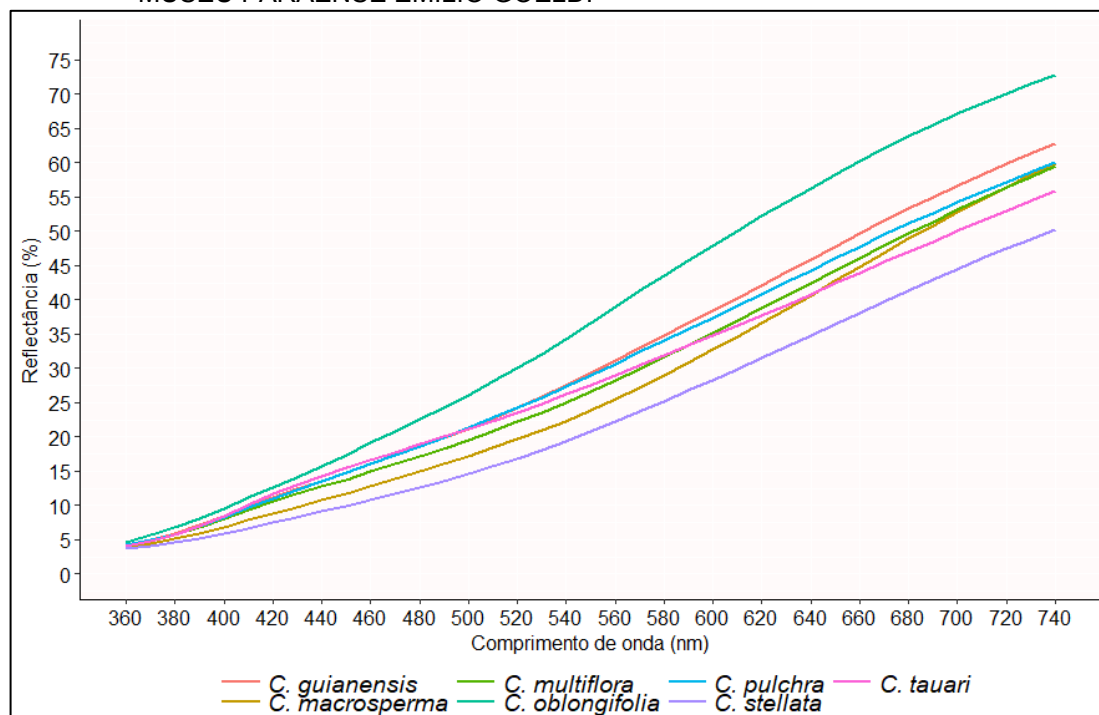
A coordenada  $b^*$ , que manifesta o pigmento amarelo, exerceu maior peso na caracterização da cor das madeiras das 16 procedências de tauari, cuja influência foi mais perceptível nas seções tangencial e/ou radial, em sua maior parte.

Em geral, o parâmetro  $L^*$  mostrou médias superiores nas seções tangencial e/ou radial. As variações de  $L^*$  nas espécies, em função das procedências, foram de 40,37 a 64,93 (*C. stellata*), 54,93 a 68,02 (*C. pulchra*), 42,47 a 70,99 (*C. multiflora*), 48,68 a 71,91 (*C. guianensis*). As procedências P8, P9 e P10 encerraram  $L^*$  máximos de 71,25, 65,85 e 62,60, respectivamente.

As curvas de reflectância no espectro do visível para diferentes espécies de madeira de “tauari” são ilustradas na FIGURA 2.1, onde observou-se que cada espécie possui uma curva característica. Assim, pode-se verificar um comportamento padrão entre as curvas espectrais das madeiras de “tauari”, em que algumas proporcionaram colorações mais claras e escuras, ou seja, refletindo mais e menos incidência de luminosidade.

A curva apresentada pela espécie *Couratari oblongifolia* é a mais acentuada refletindo uma maior claridade. No entanto, destaque para *Couratari stellata* pela baixa curva espectral, o que caracteriza o comportamento dos parâmetros colorimétricos dessa espécie. As demais cinco espécies apresentaram uma uniformidade em suas curvas espectrais, o que configura uma proximidade de suas médias para os valores dos parâmetros colorimétricos.

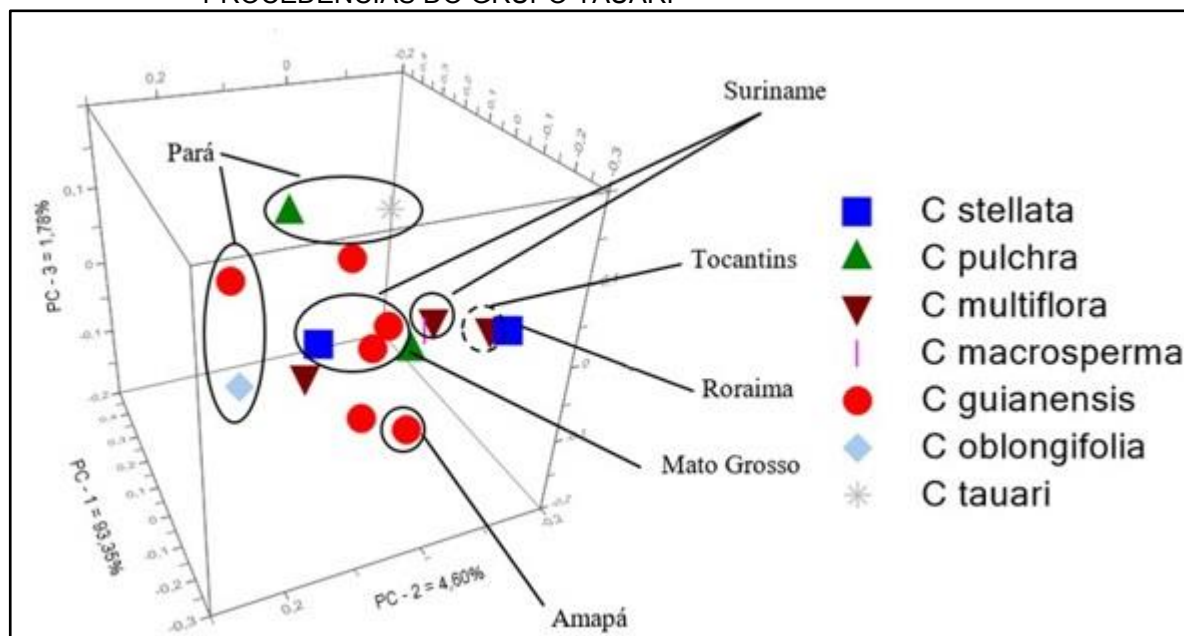
FIGURA 2.1 - CURVA DE REFLECTÂNCIA NO ESPECTRO DO VISÍVEL PARA DIFERENTES ESPÉCIES DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI



FONTE: O autor (2018).

Com o espectro da curva de reflectância das amostras de tauari foi efetuada uma análise de componentes principais (PCA) para verificar a possibilidade de distinção de espécies do gênero *Couratari*, além de avaliar a distribuição das amostras em função das procedências (FIGURA 2.2). A PCA demonstra que há uma variabilidade estrutural das sete espécies do grupo tauari. A análise por componentes principais foi realizada empregando a média de todos os espectros por espécies em relação às procedências. Observa-se que há uma dispersão das espécies em relação ao local de coleta. Embora, existam espécies com um número bem elevado de indivíduos, mesmo assim houve uma variação de agrupamento, constatando-se que as espécies apresentaram maior similitude na PC-1 com 93,35% da variância total dos dados originais, independente da origem do material. Talvez essa similitude pode estar associada com a oxidação da madeira, uma vez que são amostras advindas de acervos, onde o tempo de armazenamento não se tem referência.

FIGURA 2.2 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DO GRUPO TAUARI



FONTE: O autor (2018).

### 3.2 COLORIMETRIA DAS AMOSTRAS DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Os valores médios e os coeficientes de variação dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  e  $h^*$ ), obtidos por espécie, para as amostras da Embrapa Amazônia Oriental estão na TABELA 2.4.

Em geral, apenas a coordenada  $a^*$  não exibiu diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) entre as espécies. *C. oblongifolia* e *C. multiflora* apresentaram igualdade de médias para os parâmetros ( $L^*$ ,  $b^*$  e  $C$ ). Ainda, *C. stellata*, *C. multiflora* e *C. guianensis* tiveram médias iguais em todos os parâmetros, exceto para coordenada  $a^*$ . O ângulo de tinta ( $h^*$ ) médio foi bastante similar entre as espécies.

Para todas as espécies, constatou-se a predominância de uma tonalidade mais clara, devido à presença sobressalente da pigmentação amarelada ( $b^*$ ). A luminosidade ( $L^*$ ), que variou de 58,98 a 67,59, foi determinante para a composição dos tons mais claros das madeiras de “tauari”. Todas as espécies foram enquadradas no Cluster 18 (oliva-amarelado), conforme classificação proposta por Camargos e Gonzalez (2001).

TABELA 2.4 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR ESPÉCIE, DE MADEIRAS DE TAUARI DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Espécie	L*		a*		b*		C		h*	
	Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%
<i>C. stellata</i>	58,98ab	5,46	6,25a	24,45	21,16a	11,21	22,09a	11,93	73,72bc	3,58
<i>C. multiflora</i>	63,42bc	5,18	8,21a	9,63	23,74ab	10,42	25,12ab	10,11	70,89ab	1,79
<i>C. guianensis</i>	61,73b	18,38	9,67a	40,16	22,65a	31,82	24,72a	22,41	72,44bc	7,83
<i>C. oblongifolia</i>	67,59c	5,12	7,15a	23,97	25,43b	9,71	26,42b	10,47	74,27c	3,31

FONTE: O autor (2018).

Em que: L\* = luminosidade; a\* = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde; b\* = coordenada do eixo vertical azul-amarelo; C = saturação ou cromaticidade; h\* = ângulo de tinta; CV% = coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores médios e os coeficientes de variação dos parâmetros colorimétricos (L\*, a\*, b\*, C e h\*), obtidos por procedência, das amostras da xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental, oriundas de diferentes municípios do Estado do Pará, estão na TABELA 2.5.

TABELA 2.5 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Espécie	P	L*		a*		b*		C		h*	
		Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%
<i>C. stellata</i>	P1-STM	60,10a	5,3	5,84a	25,6	21,01a	15,1	21,81a	15,8	74,68a	2,4
	P2-STM	57,78a	5,1	6,67a	22,6	21,32a	6,0	22,37a	7,1	72,77a	4,2
<i>C. oblongifolia</i>	P3-PAR	66,52a	3,4	7,97b	25,2	26,50b	10,0	27,71b	10,8	73,42a	4,1
	P4-STM	68,66a	6,0	6,32a	12,3	24,36a	7,4	25,18a	7,4	75,48a	1,6
<i>C. guianensis</i>	P5-RJ	62,84b	4,1	4,09a	19,3	18,74a	9,4	19,19a	9,8	77,78c	1,8
	P6-VSI	62,58b	6,4	8,06b	6,6	24,45b	7,8	25,75bc	7,6	71,72b	1,1
	P7-NR	64,18b	7,2	6,69b	5,7	22,52b	4,8	23,50b	4,3	73,42b	1,8
	P8-STM	50,73a	18,4	10,67c	40,2	22,65b	31,8	27,72c	31,9	67,44a	9,2

FONTE: O autor (2018).

Em que: P = procedência; L\* = luminosidade; a\* = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde; b\* = coordenada do eixo vertical azul-amarelo; C = saturação ou cromaticidade; h\* = ângulo de tinta; CV% = coeficiente de variação; P1 (km 117), P2 (km 118), P4 e P8 (km 147) = Santarém; P3 = Paragominas; P5 = Rio Juruá; P6= Vila Santa Isabel; P7 = Novo Repartimento. Médias seguidas pela mesma letra, entre procedências dentro da mesma espécie, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As procedências P1 e P2 (STM) não tiveram diferenças significativas nas médias dos parâmetros colorimétricos, fato que pode ser explicado pela proximidade dos sítios de coleta das amostras. Para P3 (PAR) e P4 (STM) houve igualdade de médias para os parâmetros L\* e h\*. Contudo, nos parâmetros (a\*, b\* e C) a P3 teve

superioridade de médias. *C. guianensis* apresentou menores médias em ( $a^*$ ,  $b^*$  e C) para P5 (RJ). P8 (STM) teve menor luminosidade  $L^*$  e ângulo de tinta ( $h^*$ ).

Em termos gerais, as coordenadas  $L^*$  e  $b^*$  tiveram valores consideravelmente altos em comparação à coordenada  $a^*$ . Assim, infere-se que os valores de  $L^*$  e  $b^*$  foram influenciados pelas procedências para um tom claro e amarelado, respectivamente, para as espécies do grupo “tauari”.

Na TABELA 2.6 estão os valores médios e o coeficiente de variação dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , C e  $h^*$ ), obtidos em função das seções T (transversal), L1 (tangencial) e L2 (radial), para as quatro espécies do grupo “tauari”.

A procedência P1 (*C. stellata*) teve médias inferiores de ( $a^*$ ,  $b^*$  e C) na seção transversal (T). Porém, para P2 não houve diferença estatística, entre as seções, para os parâmetros ( $a^*$ ,  $b^*$  e C). Para a procedência P3 (*C. oblongifolia*), observou-se maiores médias para os parâmetros ( $a^*$ ,  $b^*$  e C) na seção L2, porém a luminosidade ( $L^*$ ) e ângulo de tinta ( $h^*$ ) foram superiores em L1.

Na P4 (*C. oblongifolia*), apenas  $L^*$  teve médias diferentes entre seções. Para P5 (*C. multiflora*), é possível visualizar que a seção transversal (T) apresentou valores de ( $L^*$ ,  $b^*$  e C) significativamente menores, porém para  $a^*$  e  $h^*$  não houve diferença entre seções. Todos os parâmetros colorimétricos da P9 (*C. guianensis*) foram iguais estatisticamente entre as seções. P6 teve menor valor de  $b^*$  e C na seção T. Em relação ao parâmetro  $L^*$ , P7 e P8 possuem menor valor na seção T, já na P6 os valores foram iguais entre as seções.

De modo geral, os maiores valores de  $L^*$  e os menores de  $a^*$ , contribuíram para a maior influência da coordenada  $b^*$  na caracterização da cor da madeira de “tauari” com uma pigmentação mais amarelada, cuja influência foi mais perceptível nas seções tangenciais e radiais, respectivamente.



TABELA 2.6 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, DENTRO DE CADA SEÇÃO, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

	Procedência	Parâmetro	T		L1		L2	
			Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%
Couratari stellata	P1	L*	57,35a	5,40	62,84b	4,10	61,19ab	1,01
		a*	4,52a	11,80	6,86b	13,27	7,45b	3,83
		b*	18,06a	3,14	23,92b	6,09	23,99b	1,84
		C	18,62a	3,51	24,89b	6,51	25,12b	1,46
		h*	75,97b	1,69	74,04ab	1,78	72,73a	1,17
	P2	L*	59,98b	3,75	54,67a	3,80	56,79ab	1,77
		a*	5,93a	22,50	8,00a	18,44	7,29a	5,29
		b*	21,48a	7,44	21,52a	7,42	21,59a	0,99
		C	22,30a	8,30	22,97a	8,65	22,79a	0,64
		h*	74,64b	3,08	69,73a	3,24	71,34ab	1,47
Couratari oblongifolia	P3	L*	65,43a	1,54	70,07b	0,38	64,94a	1,26
		a*	7,95b	10,06	5,38a	4,33	10,61c	2,62
		b*	24,86a	6,48	25,53a	1,08	30,47b	2,13
		C	26,24a	6,73	26,09a	1,21	32,26b	1,63
		h*	72,39a	1,12	78,10b	0,49	70,80a	1,19
	P4	L*	65,75a	2,58	72,85b	3,10	71,78b	1,93
		a*	6,36a	13,90	6,88a	9,82	5,94a	8,83
		b*	24,26a	9,07	25,84a	3,78	24,00a	3,24
		C	25,09a	9,28	26,75a	3,23	24,73a	2,98
		h*	75,33a	1,33	75,07a	2,30	76,09a	1,78
Couratari multiflora	P5	L*	60,60a	3,57	65,83b	2,79	66,38b	1,24
		a*	7,71a	8,99	8,55a	10,50	8,74a	5,47
		b*	21,66a	3,04	25,36b	7,11	26,34b	5,16
		C	23,00a	3,29	26,77b	7,42	27,76b	5,06
		h*	70,42a	2,11	71,40a	1,00	71,64a	0,97
Couratari guianensis	P6	L*	61,52a	3,50	63,61a	4,71	64,65a	3,60
		a*	3,43a	14,31	5,02b	10,26	4,36ab	5,44
		b*	17,13a	5,58	20,74b	2,02	19,74b	3,30
		C	17,48a	5,85	21,34b	2,36	20,22b	2,99
		h*	78,70a	1,39	76,40a	1,51	77,52a	1,25
	P7	L*	59,09a	2,89	65,66b	2,31	66,63b	1,06
		a*	7,85a	6,36	8,05a	3,83	8,51a	7,33
		b*	23,31a	3,24	24,05a	2,97	27,24b	5,34
		C	24,60a	3,49	25,36a	3,04	28,54b	5,49
		h*	71,40a	94,00	71,50ab	0,34	72,65b	0,65
	P8	L*	61,30a	5,15	68,67b	3,83	70,47b	0,97
		a*	6,87b	3,66	6,28a	2,95	6,28a	3,23
		b*	21,90a	4,53	22,38ab	5,47	24,16b	4,23
		C	23,21a	4,29	23,25a	5,16	24,97a	4,12
		h*	72,56a	0,95	74,31b	1,02	75,43b	0,52
	P9	L*	57,14a	8,16	54,57a	1,15	47,12a	23,99
		a*	8,55a	16,75	13,57a	10,01	11,86a	57,96
		b*	23,71a	2,48	29,12a	1,48	24,14a	68,76
		C	25,30a	3,10	32,14a	5,16	26,91a	55,31
		h*	70,87a	3,41	64,99a	2,28	63,53a	6,87

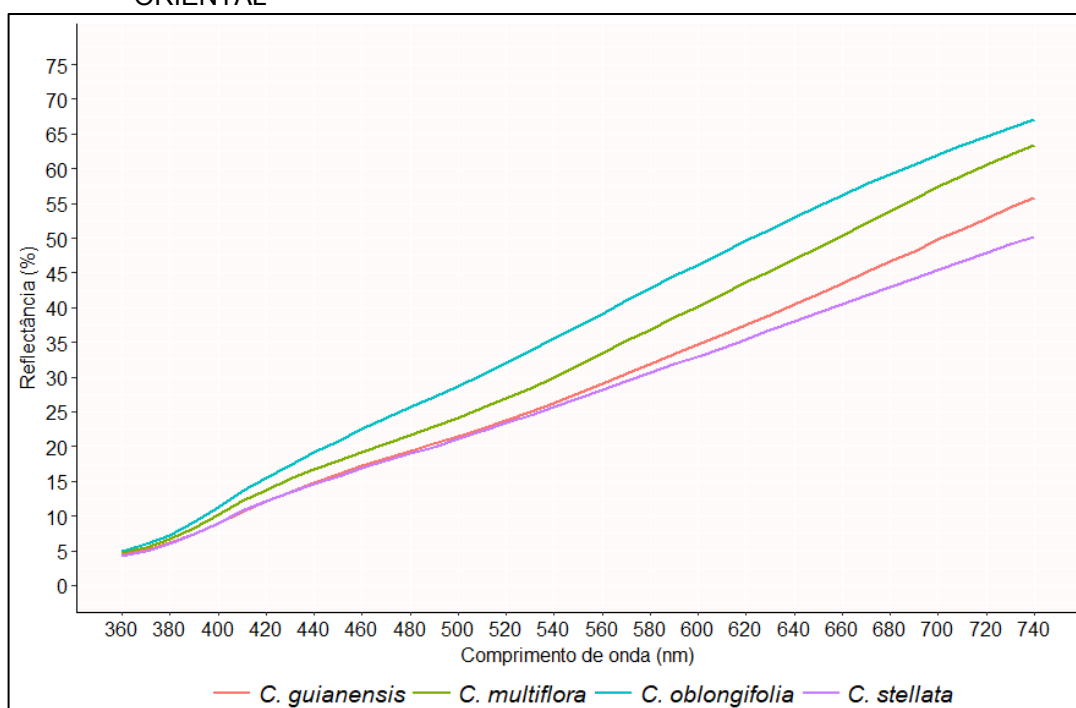
FONTE: O autor (2018).

Em que: L\* = luminosidade; a\* = coordenada do eixo verde-vermelho; b\* = coordenada do eixo azul-amarelo; C = saturação; h\* = ângulo de tinta; CV% = coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, entre seções de cada procedência, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; T = seção transversal; L1= seção tangencial; L2 = seção radial.

As curvas de reflectância no espectro do visível para diferentes espécies de madeira de “tauari” em função do comprimento de onda estão ilustradas na FIGURA

2.3. É possível visualizar as curvas de reflectância por espécie, onde as médias dos parâmetros colorimétricos foram bastante próximas, retratando os valores encontrados na TABELA 2.4. Os comportamentos das curvas espectrais indicam uma tonalidade mais clara para as espécies, evidenciando que a curva espectral é a “assinatura” da cor para cada situação estudada.

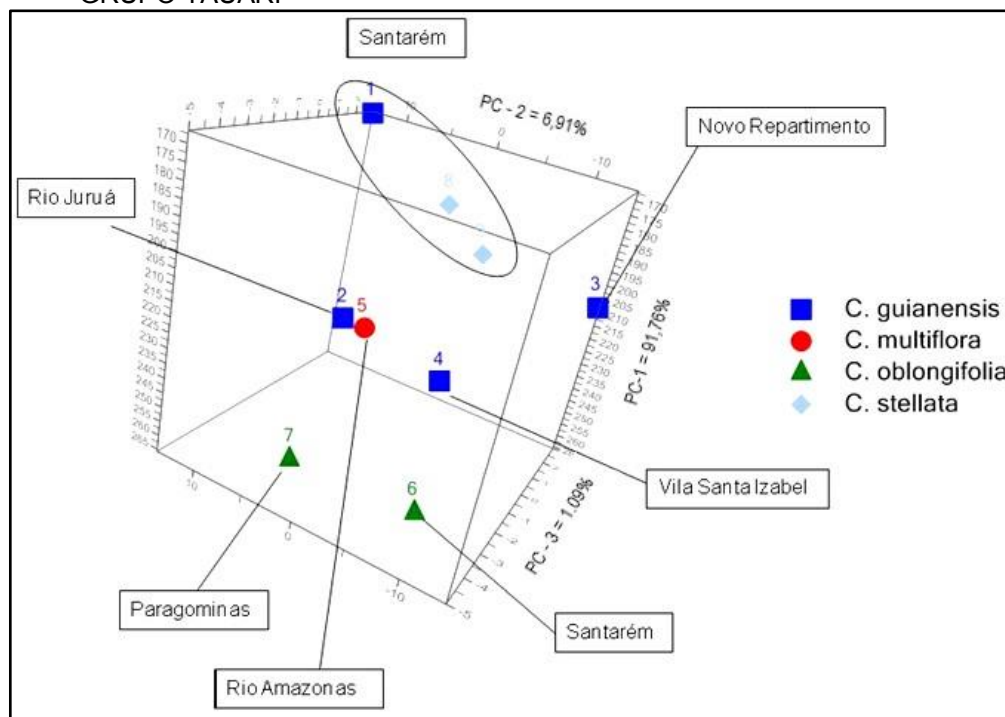
FIGURA 2.3 - CURVA DE REFLECTÂNCIA NO ESPECTRO DO VISÍVEL PARA DIFERENTES ESPÉCIES DE TAUARI DO ACERVO DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



FONTE: O autor (2018).

Com o espectro de reflectância no visível, médio por espécie, foi realizada a análise por componentes principais (FIGURA 2.4) para as diferentes espécies do grupo tauari. É possível visualizar a dispersão das espécies em relação ao local de coleta. Isso é observado em *Couratari guianensis* com um número maior de indivíduos. As análises de componentes principais (PCA) gerou três componentes, capazes de explicar 99,76% da variância total dos dados originais. A componente 1 foi capaz de explicar 91,76% da variância total dos dados originais, indicando que as espécies foram mais similares na componente 1 em relação as componentes 2 e 3, pois os diferentes comprimentos de onda foram melhores representados na componente 1.

FIGURA 2.4 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA DIFERENTES ESPÉCIES DO GRUPO TAUARI



FONTE: O autor (2018).

### 3.3 COLORIMETRIA DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ

Os valores médios e os coeficientes de variação dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  e  $h^*$ ), obtidos por espécie, para amostras de madeiras de “tauari” coletadas em diferentes polos madeireiros do Estado do Pará estão na (TABELA 2.7).

TABELA 2.7 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR ESPÉCIE, DE MADEIRAS DE TAUARI COLETADAS EM DIFERENTES PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ

Espécie	$L^*$		$a^*$		$b^*$		$C$		$h^*$	
	Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%
<i>C. oblongifolia</i>	64,57a	10,66	7,03a	23,41	23,27b	6,48	24,28b	6,12	74,45a	4,87
<i>C. stellata</i>	66,80a	8,66	7,28a	25,43	23,06ab	11,73	24,22ab	12,30	72,59a	4,37
<i>C. guianensis</i>	64,75a	16,14	6,96a	47,28	22,08a	14,99	23,35a	14,88	72,83a	10,29
<i>Eschweilera</i> sp.	69,41a	2,53	8,00a	12,26	26,23c	7,85	22,79ab	35,03	73,07a	1,80

FONTE: O autor (2018).

Em que:  $L^*$  = luminosidade;  $a^*$  = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde;  $b^*$  = coordenada do eixo vertical azul-amarelo;  $C$  = saturação ou cromaticidade;  $h^*$  = ângulo de tinta; CV% = coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma coluna, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os parâmetros  $L^*$  (64,57 a 69,41) e  $h^*$  (72,59 a 74,45) não exibiram diferenças estatísticas significativas através do teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). *C. guianensis* teve menor coordenada  $a^*$  possuindo baixa expressividade para o tom avermelhado. A coordenada  $b^*$  foi superior em *Eschweilera* sp., e as demais espécies tiveram menor vivacidade do pigmento amarelo.

Em relação ao parâmetro C, houve pouca variação entre as espécies fato que esteve diretamente relacionado às coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ . Similarmente,  $h^*$  apresenta relação com as duas coordenadas cromáticas ( $a^*$  e  $b^*$ ), cujo resultado foi mais influenciado pelo pigmento amarelado. Para todas as espécies, constatou-se a predominância de uma tonalidade mais clara. Devido à luminosidade ( $L^*$ ), todas as espécies foram enquadradas no Cluster 5 (amarelo-claro), conforme classificação proposta por Camargos e Gonzalez (2001), apesar da existência de dois gêneros (*Couratari* e *Eschweilera* sp.) pertencentes à família Lecythidaceae.

Os valores médios e os coeficientes de variação dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , C e  $h^*$ ), obtidos por procedência, para madeiras de “tauari” coletadas em diferentes polos madeireiros do Estado do Pará estão na TABELA 2.8.

A avaliação dos parâmetros colorimétricos entre procedências de cada espécie é importante para entender as possíveis influências na identificação e qualidade de suas madeiras. Em termos gerais, o fator procedência influenciou significativamente os parâmetros colorimétricos, dentro das espécies *C. oblongifolia*, *C. stellata* e *C. guianensis*. As procedências de *C. oblongifolia* (P1 a P6) exibiram diferenças estatísticas significativas através do teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) em todos os parâmetros. P2-ANA e P4-TAI tiveram menor luminosidade  $L^*$  e coordenada  $a^*$ , respectivamente. A coordenada  $b^*$  variou pouco (21,77 a 26,61), encerrando dois grupos de procedências com semelhança estatística. O ângulo de tinta  $h^*$  foi menor na P2-ANA, porém igual a P1-ATM, estatisticamente.

Para *C. stellata*, a procedência P7-ATM destacou-se por diferenciar-se das demais nos parâmetros ( $L^*$ ,  $a^*$ , C e  $h^*$ ). A P7-ATM teve menor  $L^*$  e  $h^*$ , e ainda, maior coordenada  $a^*$  e saturação C. Os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $h^*$  das demais procedências (P8-ANA, P9-URU e P10-NP) não exibiram diferenças.

TABELA 2.8 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI COLETADAS EM DIFERENTES PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ

Espécie	P	L*		a*		b*		C		h*	
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	Média	CV	Média	CV
<i>C. oblongifolia</i>	P1-ATM	65,05b	12,8	8,44ab	34,8	22,57a	10,8	24,48ab	67,2	70,00ab	7,4
	P2-ANA	55,26a	14,4	9,67a	36,4	21,77a	16,6	23,90ab	19,2	66,62a	7,4
	P3-URU	69,15bc	3,1	6,63b	12,5	24,59b	5,5	25,47abc	5,8	74,96cd	1,7
	P4-TAI	72,83c	6,3	5,24c	30,7	22,09a	8,9	22,73a	10,0	76,85d	3,6
	P5-PAC	69,59bc	5,9	8,19ab	24,9	26,61b	9,7	27,87c	10,8	73,07bc	3,6
	P6-BB	64,57b	10,7	7,03ab	23,4	25,27b	6,5	26,28bc	6,1	74,45cd	4,9
<i>C. stellata</i>	P7-ATM	58,29a	7,4	10,20a	23,4	24,78c	16,2	26,84c	16,5	67,72a	4,9
	P8-ANA	68,54b	10,8	6,43b	18,1	22,19ab	8,1	23,14ab	7,1	73,74b	4,7
	P9-URU	68,09b	5,2	6,89b	14,4	23,67bc	8,3	24,66b	8,5	73,82b	2,1
	P10-NP	69,69b	3,3	6,36b	7,8	20,39a	6,9	21,37a	6,6	72,64b	1,7
<i>C. guianensis</i>	P11-NP	48,57a	9,0	11,55a	22,3	20,70a	12,8	23,73b	14,6	61,10a	5,0
	P12-GOI	71,75c	6,5	4,02d	19,3	19,21a	14,0	19,65a	13,4	77,96c	3,6
	P13-MAC	72,97c	2,8	5,29c	14,5	25,65c	9,1	26,20c	9,0	78,27c	1,9
	P14-PAR	65,70b	4,5	6,96b	24,5	22,76b	5,0	23,84b	6,6	73,93b	3,8

FONTE: O autor (2018).

Em que: P = procedência; L\* = luminosidade; a\* = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde; b\* = coordenada do eixo vertical azul-amarelo; C = saturação ou cromaticidade; h\* = ângulo de tinta; CV = coeficiente de variação, em %; ATM = Altamira; ANA= Anapu; URU= Uruará; TAI= Tailândia; PAC= Pacajá; BB = Breu Branco; NP = Novo Progresso; GOI= Goianésia; MAC= Maracajá; PAR= Paragominas. Médias seguidas pela mesma letra, entre procedências dentro da mesma espécie, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para *C. guianensis*, a P11-NP teve menor luminosidade e ângulo de tinta. Todas as procedências diferiram na coordenada a\*, cujo maior valor foi da P11-NP. O maior valor da coordenada b\* e cromaticidade (C) foi observado na P13-MAC.

As procedências P2-ANA, P7-ATM e P11-NP exibiram menores médias de L\*, porém sem influência significativa na tonalidade da madeira, mantendo um tom claro. Os valores das coordenadas L\* e b\* explicam a maior claridade das espécies, assim como para cada procedência. Assim, infere-se que a cor clara da madeira de “tauari” foi proporcionada pela participação equilibrada entre as coordenadas a\* e b\*.

Por fim, pode-se verificar que as procedências exercem influência na coloração da madeira, pois existe uma tendência de madeiras mais claras e outras com tonalidade mais amarronzada. Kishino e Nakano (2004) expõem que isso acontece por haver uma correlação entre a ocorrência de extrativos e a coloração em diferente sentido de orientação da madeira. Além disso, significativas mudanças na cor da madeira podem ser atribuídas à presença de açúcares e extrativos (BERALDO et al., 2002).

Na TABELA 2.9 estão os valores médios e o coeficiente de variação dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  e  $h^*$ ), obtidos em função das seções T (transversal), L1 (tangencial) e L2 (radial), para as quatro espécies do grupo “tauari”.

Em termos gerais, as procedências de *C. oblongifolia* exibiram menor luminosidade ( $L^*$ ) na seção Transversal (T), porém para algumas procedências (P1, P2 e P3) observou-se igualdade de médias com as seções L1 e/ou L2. P5 foi uma exceção, haja vista mostrar  $L^*$  inferior na seção L2. A coordenada  $a^*$  mostrou-se igual, entre seções, para P1, P2 e P4. Ademais,  $a^*$  foi superior nas seções L2 e T para P5 e P6, respectivamente. A coordenada  $b^*$  foi igual para P4 e P6. A cromaticidade variou significativamente, entre seções, apenas em P3 e P5. O ângulo de tinta foi menor nas seções L2 e T para P5 e P6, respectivamente.

Para *C. stellata*, as procedências P9 e P10 tiveram menor  $L^*$  na seção T. Somente a P7 teve a coordenada  $a^*$  diferente nas seções, com maior valor em L2. Em relação à coordenada  $b^*$ , P7 e P9 encerraram valores maiores no corte L2. A saturação  $C$  foi igual, entre seções, apenas na P8. O ângulo de tinta não variou nas seções da P8 e P10.

Para *C. guianensis*, P13 e P14 encerraram menor  $L^*$  nas seções T e L2, respectivamente. A coordenada  $a^*$  não variou significativamente, entre seções, apenas na P12, nas demais foi menor na seção T. Em todas as procedências de *C. guianensis* os parâmetros  $b^*$  e  $C$  tiveram respostas semelhantes nas seções. P13 e P14 mostraram ângulo de tinta inferior na seção L2. A procedência P15 (*Eschweilera* sp.), pertencente à mesma família botânica do gênero *Couratari*, teve menor coordenada  $a^*$  e  $b^*$  na seção T. Os parâmetros  $C$  e  $h^*$  não diferiram estatisticamente entre as seções. A luminosidade  $L^*$  foi menor na seção T, porém igual a L1.

Apesar da seção L2 (radial) oferecer maior pigmentação avermelhada, isso não refletiu na claridade da madeira. Assim, a pigmentação amarela dada pela coordenada  $b^*$  foi decisiva para determinação da cor de *Eschweilera*. Por fim, pode-se esperar que a madeira da espécie apresente nuances de pigmentos avermelhados mais vivos na direção radial. Esta inferência pode ser confirmada pela saturação  $C$ , que variou proporcionalmente aos valores de  $a^*$  e  $b^*$ . Com os dados fornecidos pelos parâmetros colorimétricos, foi possível diferenciar as tonalidades nas três direções de corte da madeira: transversal (T), tangencial (L1) e radial (L2), onde a coordenada  $b^*$ , exerceu maior peso na caracterização da coloração amarelada das madeiras de tauari, cuja influência foi mais perceptível nas seções tangenciais e/ou radiais.

TABELA 2.9 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, DENTRO DE CADA SEÇÃO, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI COLETADAS EM DIFERENTES PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ

								(continua)
Procedência	Parâmetro	T		L1		L2		
		Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	
Couratari oblongifolia	P1	L*	60,99a	9,18	65,22ab	13,61	68,93b	12,78
		a*	8,42a	36,61	8,30a	37,18	8,59a	33,73
		b*	21,45a	10,59	22,40ab	11,20	23,85b	8,79
		C	23,18a	13,35	24,02a	13,94	25,50a	10,31
		h*	69,16a	7,96	70,30a	7,12	70,53a	7,73
	P2	L*	51,24a	10,36	57,78a	10,65	56,77a	19,30
		a*	8,05a	9,67	10,23a	41,72	10,74a	39,84
		b*	18,74a	7,47	23,98b	15,73	22,57ab	14,46
		C	20,43a	5,02	26,17a	19,49	25,11a	18,78
		h*	66,64a	5,27	67,79a	8,31	65,44a	9,21
	P3	L*	67,91a	2,15	70,82b	3,12	68,73ab	2,68
		a*	6,07b	15,29	6,60ab	10,59	7,22a	6,03
		b*	23,63a	5,03	24,32ab	4,03	25,81b	3,51
		C	24,40a	5,40	25,20ab	4,39	26,80b	3,54
		h*	75,64a	2,29	74,84a	1,46	74,39a	0,96
	P4	L*	68,08a	1,50	73,68b	5,26	76,75b	4,04
		a*	4,79a	5,92	6,20a	38,84	4,75a	24,03
		b*	21,50a	6,56	23,20a	11,02	21,57a	7,39
		C	22,03a	6,43	24,06a	12,64	22,10a	8,05
		h*	77,43a	0,87	75,42a	5,57	77,70a	2,74
	P5	L*	69,47b	1,97	74,02c	2,28	65,28a	3,96
		a*	7,23b	10,73	6,87b	8,07	10,47a	18,81
		b*	26,71ab	2,38	24,45a	3,66	28,66b	11,37
		C	27,68ab	2,87	25,40a	3,27	30,52b	12,16
		h*	74,88b	1,72	74,28b	1,96	70,06a	2,34
	P6	L*	55,42a	2,09	68,22b	2,09	70,08b	3,14
		a*	9,19a	6,13	6,07b	9,02	5,83b	6,67
		b*	24,87a	1,59	25,48a	5,84	25,47a	9,98
		C	26,52a	1,40	26,20a	5,69	26,13a	9,64
		h*	69,72a	1,81	76,58b	1,53	77,05b	1,51
Couratari stellata	P7	L*	54,90a	4,54	62,27b	7,66	57,69a	1,64
		a*	9,38b	8,27	8,58b	28,36	12,65a	10,26
		b*	20,92a	3,08	23,54b	5,95	29,88c	3,92
		C	22,94a	3,20	25,12a	7,95	32,45b	4,74
		h*	65,87a	2,61	70,19b	6,35	67,10ab	2,22
	P8	L*	68,92a	5,72	70,91a	6,15	65,79a	17,64
		a*	6,27a	14,40	5,91a	15,57	7,10a	20,06
		b*	23,29a	3,63	21,95a	6,26	21,33a	11,51
		C	24,14a	3,25	22,74a	6,79	22,55a	9,38
		h*	74,91a	3,00	75,00a	2,01	71,30a	6,79
	P9	L*	64,19a	3,08	69,50b	2,89	70,57b	3,47
		a*	7,24a	14,76	6,46a	8,41	6,96a	16,34
		b*	22,89a	7,29	23,29a	5,44	24,81b	9,48
		C	24,02a	7,82	24,17a	5,42	25,78b	9,95
		h*	72,53a	2,13	74,50b	1,38	74,42b	1,48
	P10	L*	67,08a	1,53	70,89b	1,88	71,10b	2,21
		a*	6,26a	8,79	6,23a	7,70	6,60a	6,61
		b*	18,82a	1,70	20,70b	5,65	21,66b	2,29
		C	19,83a	2,16	21,62b	5,70	22,65b	2,28
		h*	71,62a	1,91	73,25a	1,04	73,05a	1,42

TABELA 2.9 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS, DENTRO DE CADA SEÇÃO, POR PROCEDÊNCIA, DE MADEIRAS DE TAUARI COLETADAS EM DIFERENTES PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ

		(conclusão)						
Procedência	Parâmetro	T		L1		L2		
		Média	CV%	Média	CV%	Média	CV%	
Couratari guianensis	P11	L*	48,95ab	6,50	45,21a	4,55	51,56b	10,02
		a*	9,23b	3,38	13,06a	6,72	12,37a	27,76
		b*	17,53a	4,89	22,07b	4,29	22,50b	8,83
		C	19,82a	3,54	25,64b	4,36	25,74b	13,12
		h*	62,18a	2,64	59,40a	2,44	61,71a	7,56
	P12	L*	71,54ab	4,79	75,72b	5,71	68,01a	4,29
		a*	4,08a	22,25	3,89a	16,73	4,10a	21,41
		b*	21,52b	7,75	19,79b	10,28	16,32a	5,71
		C	21,91b	7,82	20,19b	9,43	16,84a	5,80
		h*	79,27a	2,63	78,70a	3,51	75,92a	3,68
	P13	L*	70,81a	1,41	74,49b	1,44	73,62b	2,39
		a*	4,59b	9,06	5,61a	11,44	5,68a	12,90
		b*	25,06a	5,33	28,08b	7,27	23,81a	4,44
		C	25,47a	5,35	28,64b	7,40	24,48a	4,85
		h*	79,62b	0,88	78,73b	0,76	76,62a	1,51
	P14	L*	66,52b	2,89	68,23b	1,59	62,35a	2,86
		a*	5,18c	10,55	6,77b	5,73	8,92a	11,26
		b*	21,67a	0,94	22,64b	2,54	23,98c	3,76
		C	22,28a	1,05	23,63b	2,28	25,59c	4,50
		h*	76,92c	1,66	74,02b	1,26	70,83a	1,83
Eschweilera sp	P15	L*	67,92a	2,17	69,76ab	0,43	70,55b	2,79
		a*	6,88b	8,08	8,79a	4,50	8,32a	7,91
		b*	23,81a	5,19	27,41b	4,04	27,47b	3,81
		C	24,78a	5,36	28,78a	3,73	28,71a	3,18
		h*	73,89a	0,86	72,19a	1,34	73,13a	2,28

FONTE: O autor (2018).

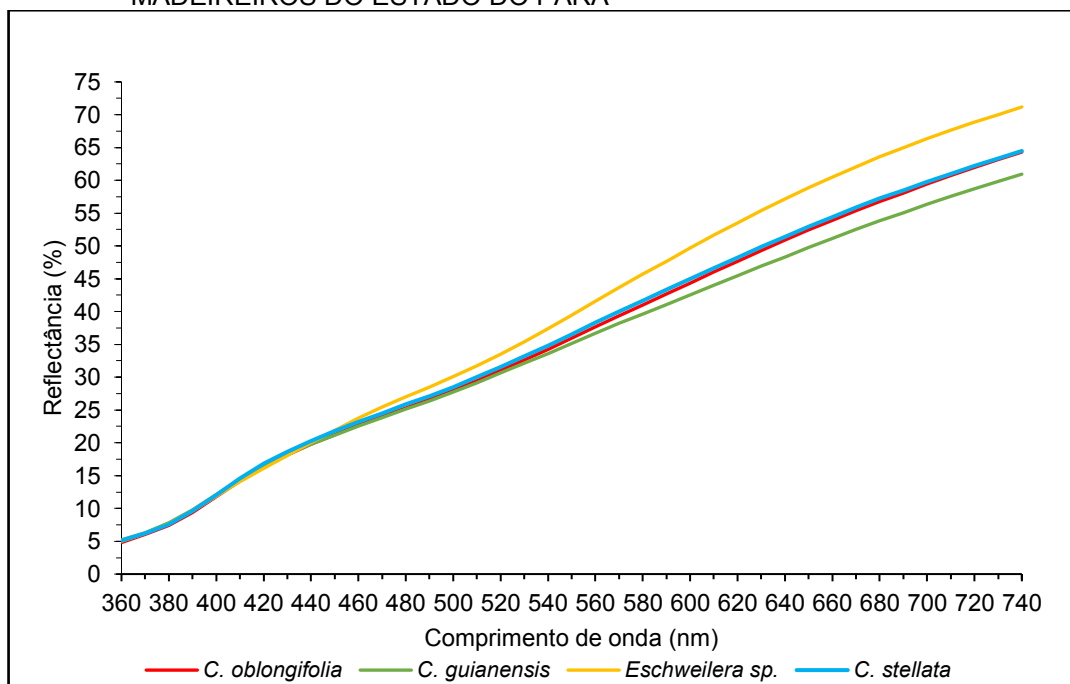
Em que: L\* = luminosidade; a\* = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde; b\* = coordenada do eixo vertical azul-amarelo; C = saturação ou cromaticidade; h\* = ângulo de tinta; CV% = coeficiente de variação; médias seguidas pela mesma letra, entre seções de cada procedência, não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; T = seção transversal; L1= seção tangencial; L2 = seção radial

Nishino et al. (1998), ao analisarem os parâmetros colorimétricos de 97 espécies nativas da Guiana Francesa, constataram diferenças na coloração da madeira entre os cortes longitudinal tangencial e longitudinal radial. Panshin e de Zeeuw (1970) afirmam que a coloração da madeira é resultado da presença de extrativos, tais como: taninos, resinas, óleos depositados sobretudo no cerne. Simatupang et al. (1978) e Mori et al. (2004) ratificam que os extrativos e a composição química da madeira constituem fatores responsáveis pelas variações colorimétricas.



Na FIGURA 2.5 estão as curvas de reflectância no espectro do visível para diferentes espécies de madeira de “tauari” em função do comprimento de onda. A curva de reflectância de *Eschweilera* sp., foi a mais alta e possuiu forte influência dos comprimentos de onda nos intervalos de 550 a 650nm, onde começa a radiação da coloração amarelo claro para um amarelo mais escuro. As demais espécies permaneceram nos intervalos de 500 a 600nm.

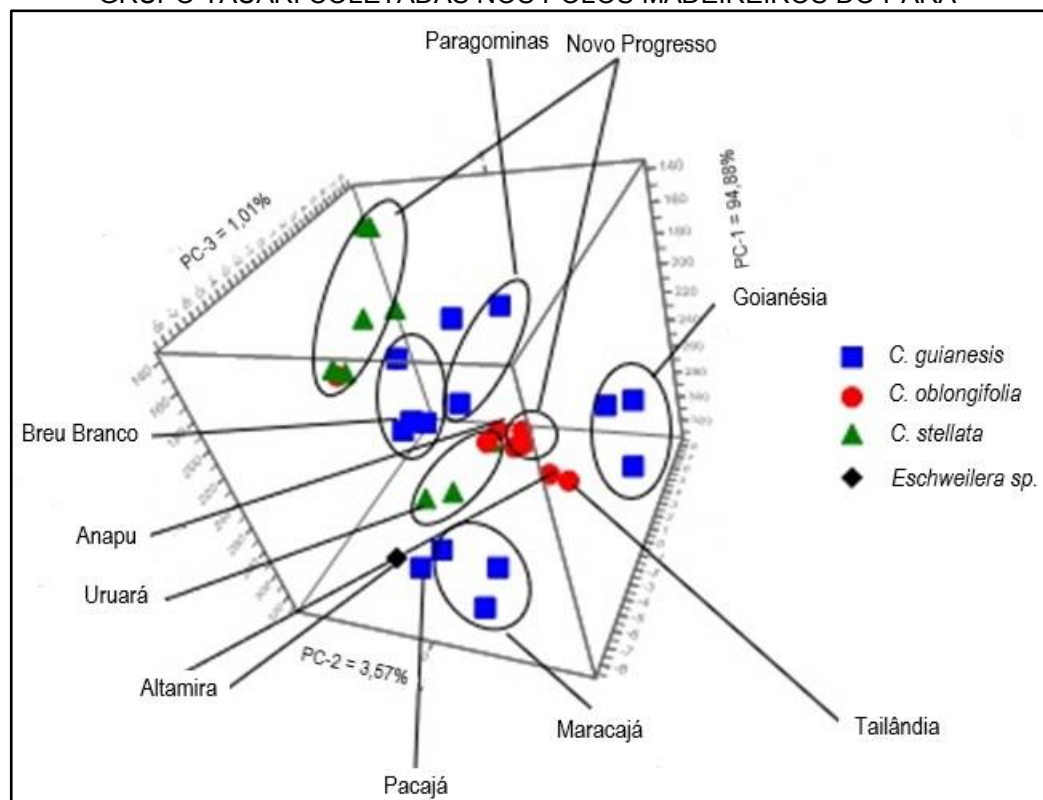
FIGURA 2.5 - CURVA DE REFLECTÂNCIA NO ESPECTRO DO VISÍVEL PARA DIFERENTES ESPÉCIES DE MADEIRAS DE TAUARI COLETADAS EM DIFERENTES PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ



FONTE: O autor (2018).

Ficou evidente a maior claridade das espécies *C. stellata* e *C. oblongifolia*, bem como a semelhança do comportamento colorimétrico entre as duas madeiras, já que tiveram um tom de amarelo claro. A espécie *C. guianensis* apresentou uma inflexão positiva no domínio de cor amarelo acinzentado, além de baixa reflectância nos domínios do avermelhado evidenciando a sua coloração para uma tonalidade amarronzada. Com os espectros da curva de reflectância no visível foi efetuada análise de componentes principais (PCA) para observar a distribuição das espécies em relação ao local de coleta (FIGURA 2.6). Verificou-se uma maior similaridade das espécies na componente1 com 94,88% da variância total dos dados originais, indicando pequenas diferenças significativas entre os parâmetros das espécies em função da origem do material.

FIGURA 2.6 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA DIFERENTES ESPÉCIES DO GRUPO TAUARI COLETADAS NOS PÓLOS MADEIREIROS DO PARÁ



FONTE: O autor (2018).

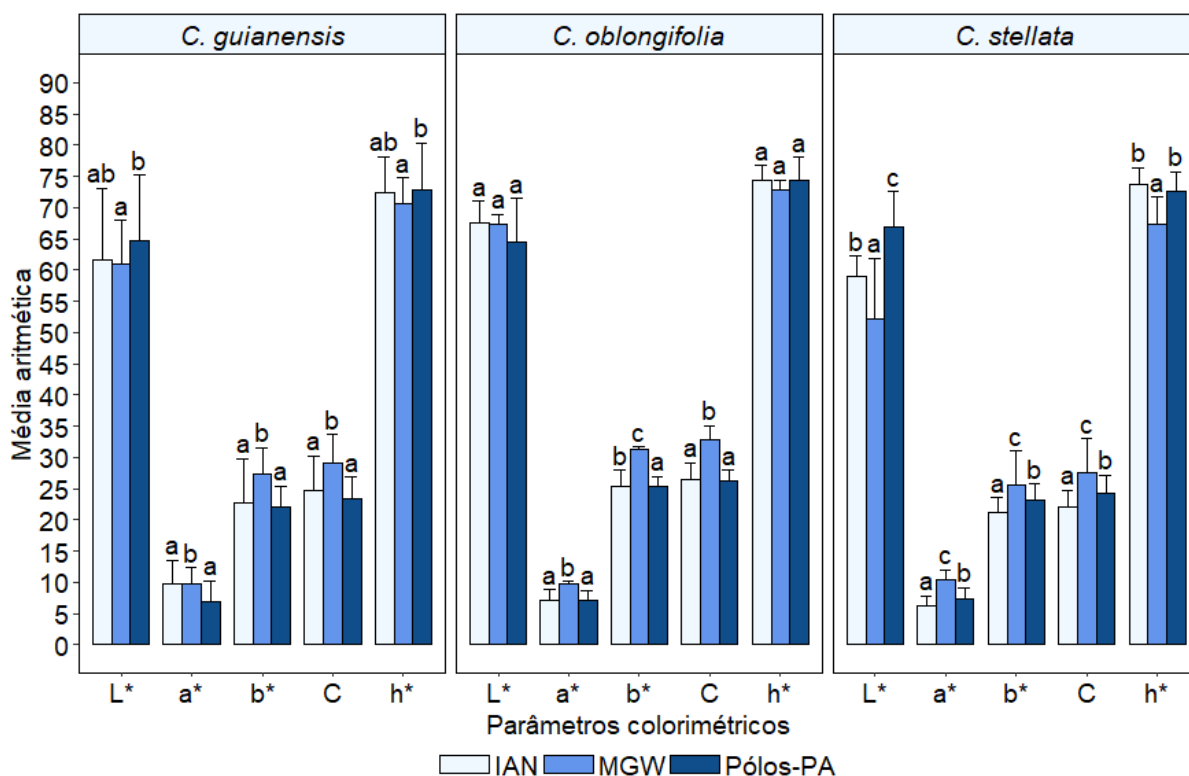
### 3.4 COMPARAÇÃO ENTRE ESPÉCIES EM COMUM

As espécies *Couratari guianensis*, *C. oblongifolia* e *C. stellata* estão presentes nos acervos da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi e da Embrapa Amazônia Oriental, e também foram identificadas nas coletas dos polos madeireiros do Estado do Pará, assim foi efetuada uma comparação dos parâmetros colorimétricos destas amostras (FIGURA 2.7). É preciso lembrar que existe a tendência natural de madeiras claras escurecerem com o passar do tempo em função da oxidação dos seus componentes químicos.

Para Camargos e González (2001) as madeiras que apresentam valor de  $L^*$  menor que 56 são consideradas escuras e madeiras quando o valor de  $L^*$  for acima de 56 são consideradas claras. A procedência IAN (Coleção da Embrapa Amazônia Oriental), foi estatisticamente igual a MGW (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi e Pólos-PA (Pólos Madeireiros do Estado do Pará) no parâmetro  $L^*$  para *Couratari guianensis*. Assim, a espécie *Couratari guianensis* apresentou uma tonalidade clara na coordenada  $L^*$  variando a luminosidade entre

60,96 a 64,74 respectivamente. As coordenadas ( $a^*$ ,  $b^*$  e C), apresentaram igualdade de médias para as procedências IAN e Pólos-PA. Contudo MGW exibiu as maiores médias para os respectivos parâmetros. No entanto, na coordenada  $h^*$  IAN foi estatisticamente igual Pólos-PA e MGW. A partir da análise colorimétrica foi possível classificar a cor da madeira de *Couratari guianensis* como amarelo claro, pois a coloração desta espécie foi bastante influenciada pela coordenada  $b^*$ .

FIGURA 2.7 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS PARA TRÊS ESPÉCIES EM COMUM DO ACERVO DAS XILOTECAS (COLEÇÃO WALTER A. EGLER) DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI, EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL E COLETAS EM PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ



FONTE: O autor (2018).

Em que: L\* = luminosidade;  $a^*$  = coordenada do eixo horizontal vermelho-verde;  $b^*$  = coordenada do eixo vertical azul-amarelo; C = saturação ou cromaticidade;  $h^*$  = ângulo de tinta; IAN = Coleção da Embrapa Amazônia Oriental; MGW = Coleção Walter a. Egler do Museu Paraense Emílio Goeldi; POLOS-PA = pólos madeireiros do Estado do Pará; barras verticais sobre as colunas indicam o desvio padrão de cada parâmetro; Médias seguidas pela mesma letra, para cada parâmetro, na mesma espécie não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A espécie *Couratari oblongifolia* teve igualdade de médias nos parâmetros L\* e  $h^*$  para IAN, MGW e Pólos-PA, porém as médias das coordenadas  $a^*$  e C, foram inferiores para IAN e Pólos-PA, enquanto que, MGW evidenciou maior valor para estes parâmetros. A coordenada  $b^*$  apresentou diferenças estatísticas significativas entre as procedências IAN, MGW e Pólos-PA, onde MGW apresentou maior valor de

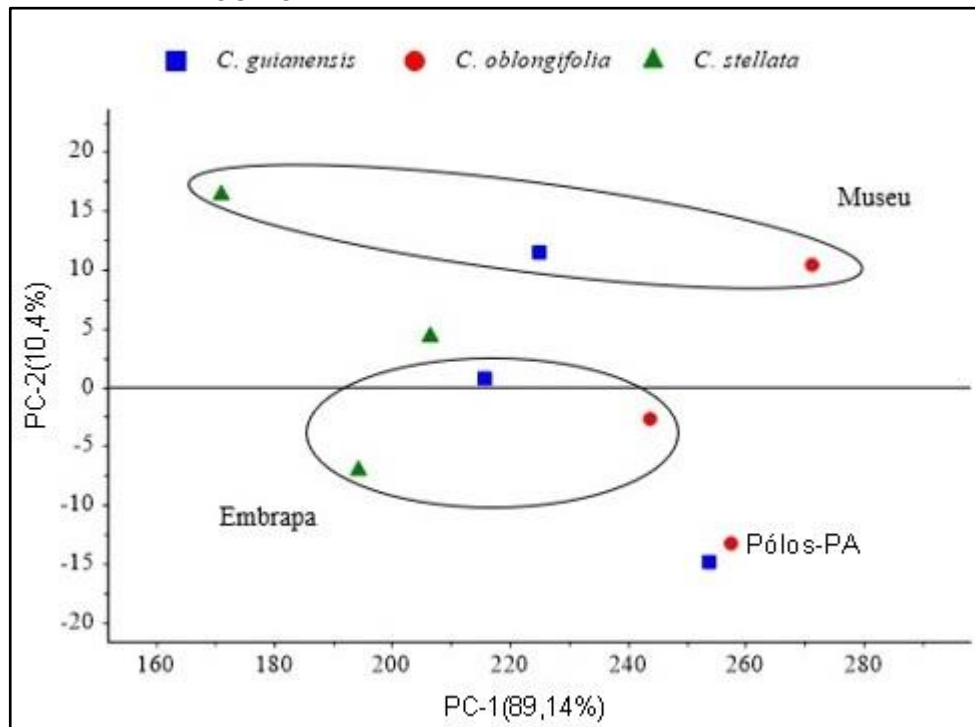
b\* e Pólos-PA o menor valor. Pode-se inferir que a cor amarelada da madeira de *Couratari oblongifolia* foi dada pelos maiores valores de L\* e baixos valores de a\* para as procedências IAN, MGW e Pólos-PA.

A espécie *Couratari stellata* apresentou uma tonalidade mais escurecida na variável L\* de 52,08 para a procedência (MGW). Enquanto que, IAN e Pólos-PA foram amostras consideradas com um tom claro com o valor de L\* entre 58,93 a 66,79. As coordenadas (a\*, b\* e C), exibiram diferenças estatísticas significativas por meio do teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para todas as procedências, sendo que o menor foi observado em IAN e o maior valor em MGW respectivamente. A variável h\* apresentou igualdade de médias em Pólos-PA e IAN, porém MGW evidenciou o menor valor para este parâmetro. Assim, a tonalidade (h\*) desta espécie corresponde ao amarelo, porém o valor da saturação (C) foi menor, ocasionando um tom levemente amarronzado para ambas as procedências.

De modo geral, foram observadas pequenas diferenças significativas entre os parâmetros das espécies em função da origem do material. Com o espectro da curva de reflectância no visível foi efetuada uma análise de componentes principais (PCA) que gerou duas componentes capazes de explicar 99,62% da variância total dos dados originais. A componente 1 foi capaz de explicar 89,14% da variância total dos dados originais. Enquanto que, a componente 2 foi capaz de explicar 10,4% da variância total dos dados originais.

Os diferentes comprimentos de onda nos intervalos de (360 a 740nm) tiveram maior peso ou foram melhores representados na PC-1. As amostras advindas do Museu Paraense Emilio Goeldi não foram tão similares em relação a componente 1, sendo mais similares na componente 2, essa similitude pode estar associada oxidação da madeira, além da influência do tempo de armazenamento. As amostras do acervo da Embrapa apresentaram o mesmo comportamento das amostras do Museu, mas tiveram uma maior interação com as amostras oriundas dos Pólos madeireiros do estado do Pará, talvez essa interação, seja, pela similitude dos locais de coleta, onde é possível observar que existe uma tendência de agrupamento das amostras em função da origem, material de acervo ou coleta recente, além da diferenciação das espécies (FIGURA 2.8).

FIGURA 2.8 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AS ESPÉCIES DO GRUPO TAUARI PROVENIENTES DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI E DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL E AS COLETADAS NOS POLOS MADEIREIROS DO PARÁ



FONTE: O autor (2018).

## 4 CONCLUSÃO

A técnica de colorimetria pode ser utilizada como uma ferramenta de suporte na identificação de madeira, visto que todas as espécies, mesmo aquelas advindas de Xilotecas, tiveram um padrão de cor semelhante, muito embora as amostras de acervos tivessem uma maior oxidação em comparação àquelas obtidas *in loco* nos pólos madeireiros do Estado do Pará.

As pequenas diferenças quantitativas dos parâmetros colorimétricos evidenciaram a dificuldade de distinção de madeiras do grupo “tauari” e, em parte, explicam a exploração e comercialização equivocada de outras espécies madeireiras, causando grandes prejuízos financeiros ao comprador. Além disso, é possível que espécies raras e/ou ameaçadas de extinção sejam exploradas com perdas incalculáveis para a biodiversidade, em função da similaridade de coloração.

As espécies do grupo “tauari”, que inclui alguns gêneros da família Lecythidaceae, compartilham características em comum e, portanto, tem na discriminação em nível de espécie um grande obstáculo. Assim, dada à complexidade de separação dos “tauaris” sugere-se o emprego concomitante da colorimetria com outras técnicas de identificação, por exemplo, a descrição anatômica da madeira, para a ratificação da espécie correta.

## REFERÊNCIAS

ATAYDE, C.M.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A.A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de muirapiranga (*Brosimum* sp.). **Cerne**, v.17, n.2. p.231-235, 2011.

BARROS, S.V.S.; MUÑIZ, G.I.B.; MATOS, J.L. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. **Cerne**, v. 20, n.3, p.337-342, 2013.

BERALDO, A. L.; ARRUDA, A. C.; STANCATO, A. C.; SAMPAIO, C. A. P; FERNANDES FILHO, O. P.; LEONEL, V. M. Compósito à base de resíduos vegetais e cimento Portland. In: Encontro Brasileiro em madeiras e estruturas de madeira: **Anais**. Uberlândia, p. 85-90, 2002.

BRADBURY, G.; POTTS, B.M.; BEADLE, C.L.; DUTKOWSKI, G.; HAMILTON, M. Genetic and environmental variation in heartwood colour of Australian blackwood (*Acacia melanoxylon* R.Br.). **Holzforschung**, v.65, n.3, p.349-359, 2011.

CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C.A. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, v. 71, p.30-41, 2001.

CORADIN, V.T.R.; CAMARGOS, J. A.A. **A estrutura anatômica da madeira e princípios para a sua identificação**. Brasília: Via Brasil, 2002.

COSTA, M. L. M. N.; BAJGIELMAN, T. **Estratégia nacional para a conservação ex situ de espécies ameaçadas da Flora Brasileira**. Centro Nacional de Conservação da Flora-CNCFlora: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016, 24p.

DÜNISCH, O.; RICHTER, H.G.; KOCH, G. Wood properties of juvenile and mature heartwood in *Robinia pseudoacacia* L. **Wood Science and Technology**, v.44, n.2, p.301-313, 2010.

GARCIA, R.A.; OLIVEIRA, N.S.; NASCIMENTO, A.M.; SOUZA, N.D. Colorimetria de madeiras dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e sua correlação com a densidade. **Cerne**, v.20, n.4, p.509-517, 2014.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Padronização da nomenclatura comercial brasileira das madeiras tropicais amazônicas**. Brasília, 1991, 56p.

KISHINO, M.; NAKANO, T. Artificial weathering of tropical woods. **Holzforschung**, v. 58, n. 5, p. 552-557, 2004.

LIU, S.; LOUP, C.; GRIL, J.; DUMONCEAUD, O.; THIBAUT, A.; THIBAUT, B. Studies on European beech (*Fagus sylvatica* L.). Part 1. Variations of wood color parameters. **Annals of Forest Science**, v.62, n.7, p.625-632, 2005.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1 ed., Rio de Janeiro, 2013. 1100p.

MORI, C.L.S.O.; MORI, F.A.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F.; OLIVEIRA, A.C. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2004.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONCALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MÖTTÖNEN, K.; ALVILA, L.; PAKKANEN, T. CIELab measurements to determine the role of felling season, log storage and kiln drying on coloration of silver Birch wood. **Scandinavian Journal Forest Research**, v. 17, p. 179-191, 2002.

NISHINO, Y.; JANIN, G.; CHANSON, P.D.; DÉTIENNE, P. GRIL, J. THIBAUT, B. Colorimetry of wood specimens from French Guiana. **Journal of Wood Science**, v. 44, p. 3-8, 1998.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. (Ed). **New York: Textbook of wood technology**. McGraw-Hill, 1970. v.1.

RIBEIRO, P. G. **Utilização de técnicas não destrutivas para caracterização de madeiras de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis***. Brasília, 114p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.



SIMATUPANG, M. H.; SCHWARZ, G. H.; BROOKER, F. W. Small scale plants for the manufacture of mineralbonded wood composites. In: **World Forestry Congress**. Jakarta: WIC, 1978, 21p.

**CAPITULO 3**  
**USO DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIR) NA DISCRIMINAÇÃO DE**  
**MADEIRAS DO GRUPO TAUARI ORIUNDAS DE FLORESTAS NATIVAS DA**  
**AMAZÔNIA BRASILEIRA**

**RESUMO**

Este trabalho teve por objetivo caracterizar amostras de madeira de diferentes espécies de “tauari”, utilizando o método de espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS) como ferramenta de suporte para identificação. Os espectros foram obtidos em um espectrômetro Tensor 37 com o auxílio de uma esfera de integração, através de reflectância difusa, na faixa de 4000 a 10000  $\text{cm}^{-1}$ , com resolução 4  $\text{cm}^{-1}$  e 64 de varreduras. A aquisição dos espectros foi realizada diretamente nas 43 amostras de madeiras sólidas de 15 espécies distintas provenientes de 21 procedências diferentes, advindas dos acervos das xilotecas (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emilio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental e dos principais pólos madeireiros do Estado do Pará. De cada amostra, extraíram-se corpos de prova com 2,5 centímetros de comprimento sob os quais realizaram-se leituras em três direções: transversais (X), laterais (radiais e tangenciais). Os espectros médios do NIR e da PCA realizadas por espécies e por plano de cortes foram os que apresentaram valores de correlação mais satisfatórios, principalmente o plano transversal. A técnica da espectroscopia no infravermelho próximo NIRS, aliada às análises de componentes principais, se mostrou promissora na caracterização e discriminação das espécies do grupo tauari.

Palavras-chave: *Couratari* spp. Espectroscopia. Curvas espectrais.

## ABSTRACT

This work aimed to characterize wood samples from different species of "tauari", using the near infrared spectroscopy (NIRS) method as a support tool for identification. The spectra were obtained in a Tensor 37 spectrometer with the aid of an integrating sphere, through diffuse reflectance, in the range of 4000 to 10000  $\text{cm}^{-1}$ , with 4  $\text{cm}^{-1}$  resolution and 64 scans. The acquisition of the spectra was carried out directly on the 43 samples of solid wood from 15 different species from 21 different origins, coming from the collections of the. And the main logging poles of the. State of Para. From each sample, 2.5 cm long specimens were extracted under which the readings were taken in three directions: transverse (X), lateral (radial and tangential). The mean NIR and PCA spectra performed by species and cut plane were the ones that presented more satisfactory correlation values, especially the transverse plane. The infrared spectroscopy technique near NIRS, together with the analysis of main components, showed to be promising in the characterization and discrimination of the species of the tauari group.

**Keywords:** *Couratari* spp. Spectroscopy. Spectral curves.

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material orgânico de origem vegetal que apresenta uma grande variabilidade, sobretudo, na Amazônia brasileira, pela grande quantidade de espécies arbóreas tropicais com potencial de madeireiro. Sendo assim, é necessário fazer a identificação da espécie, visando o correto uso da madeira (CANDIAN; SALES, 2009; CORADIN; CAMARGOS, 2002).

Em termos gerais, para a identificação das espécies florestais são utilizados materiais reprodutivos e vegetativos. Porém, no setor madeireiro faz-se necessário realizar a identificação através da anatomia da madeira, técnica que exige muito tempo e pessoas especializadas para que esta tarefa seja feita de forma correta. Assim, novas abordagens não-destrutivas devem ser testadas e aprimoradas na busca de maior agilidade, praticidade e precisão na identificação de madeiras amazônicas.

As técnicas não-destrutivas para caracterização e identificação de madeira constituem uma importante ferramenta na inferência de suas propriedades, sobretudo devido à rapidez e praticidade (BALLARIN; NOGUEIRA, 2005). Dentre estas, destaca-se a tecnologia da Espectroscopia no Infravermelho Próximo (NIR) que tem sido usada com sucesso como um método não-destrutivo e rápido, com qualidade de análises satisfatórias. A técnica vem sendo amplamente utilizada na agropecuária, indústria alimentícia, farmacêutica e em pesquisas científicas (FOLEY et al., 1998; PASQUINI 2003; BARBOSA 2007).

O uso do NIR está associado a procedimentos matemáticos e estatísticos que auxiliam na identificação, classificação e predição de caracteres de interesse, permitindo extrair informações relevantes do material analisado (BLANCO et al. 1999). Essa técnica permite medir a interação da luz com o material, que é determinada pela vibração das ligações químicas dos constituintes das amostras (HEIN, 2008). Além disso, leva em média 90 segundos para realização de uma leitura (MAGALHÃES et al., 2005).

As indústrias de processamento de madeira apresentam necessidade de métodos com essas características, isto é, com menor morosidade e com maior confiabilidade na seleção e classificação das espécies (YANG; EVANS, 2003). Pastore et al. (2011), problematizam a existência de muitas espécies semelhantes

visualmente, por exemplo, *Carapa guianensis*, *Cedrela odorata* e *Micropholis melinoniana*.

Das espécies arbóreas tropicais comercializadas no setor madeireiro, o grupo conhecido vulgarmente como “tauari”, pertencente à família Lecythidaceae destaca-se pela semelhança entre os indivíduos (ITTO, 2005; PROCÓPIO, 2010). As árvores possuem de médio a alto porte e são frequentes nos extratos superiores das florestas de planície (SOUZA; LORENZI, 2005). A madeira é moderadamente macia ao corte, oferecendo bom acabamento, por isso, é bastante utilizada na construção civil, com uma ampla comercialização tanto para os mercados internos como externos (BERNAL et al., 2011; PAULA; COSTA, 2011). Porém apresentam grande dificuldade de distinção entre espécies além de possuírem vários nomes vernaculares nas transações comerciais e isso gera consequências socioeconômicas e ambientais (MARTINS et al., 2003).

Desta forma, tendo em vista a importância socioeconômica das espécies do grupo “tauari”, aliada às dificuldades de identificação, este trabalho teve por objetivo caracterizar amostras de madeira de diferentes espécies de “tauari”, utilizando o método de Espectroscopia do Infravermelho Próximo (NIR) como ferramenta de suporte para identificação de madeira.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Nesta pesquisa, utilizaram-se 43 amostras de madeiras do grupo “tauari”, provenientes de 15 espécies distintas e 21 procedências diferentes. O banco de dados base para as análises foi formado por 25 amostras cedidas por acervos científicos, sendo 16 da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emilio Goeldi e 9 da Embrapa Amazônia Oriental do Estado do Pará (TABELA 1.2, Capítulo 1, página 32). Para complementação da pesquisa foram coletadas mais 18 amostras de madeiras comercializadas como “tauari” em diferentes polos madeireiros do Estado do Pará. A identificação das espécies ocorreu no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná, UFPR (TABELA 1.3, Capítulo 1, página 35).

### 2.2 OBTENÇÃO E ANÁLISES DOS ESPECTROS

Os espectros foram coletados utilizando um espectrômetro Tensor 37 (Bruker), adaptado com uma esfera de integração, operando em reflectância difusa ( $4000$  a  $10.000\text{ cm}^{-1}$ ) com resolução  $4\text{ cm}^{-1}$  e 64 de varreduras. A aquisição dos espectros foi realizada diretamente nas 43 amostras de madeira sólida de tauari com 2,5 centímetros de comprimento, aquisição dos espectros, foi realizada nas três direções de corte da madeira: transversal (X) e lateral (radial e tangencial). Em cada amostra, foram 18 leituras (seis em cada direção), totalizando 774 espectros. Para as análises dos espectros e das componentes principais (PCA) utilizou-se o software Unscrambler X (versão 10.1). Os espectros medidos no NIR são originais sem nenhum pré-tratamento.

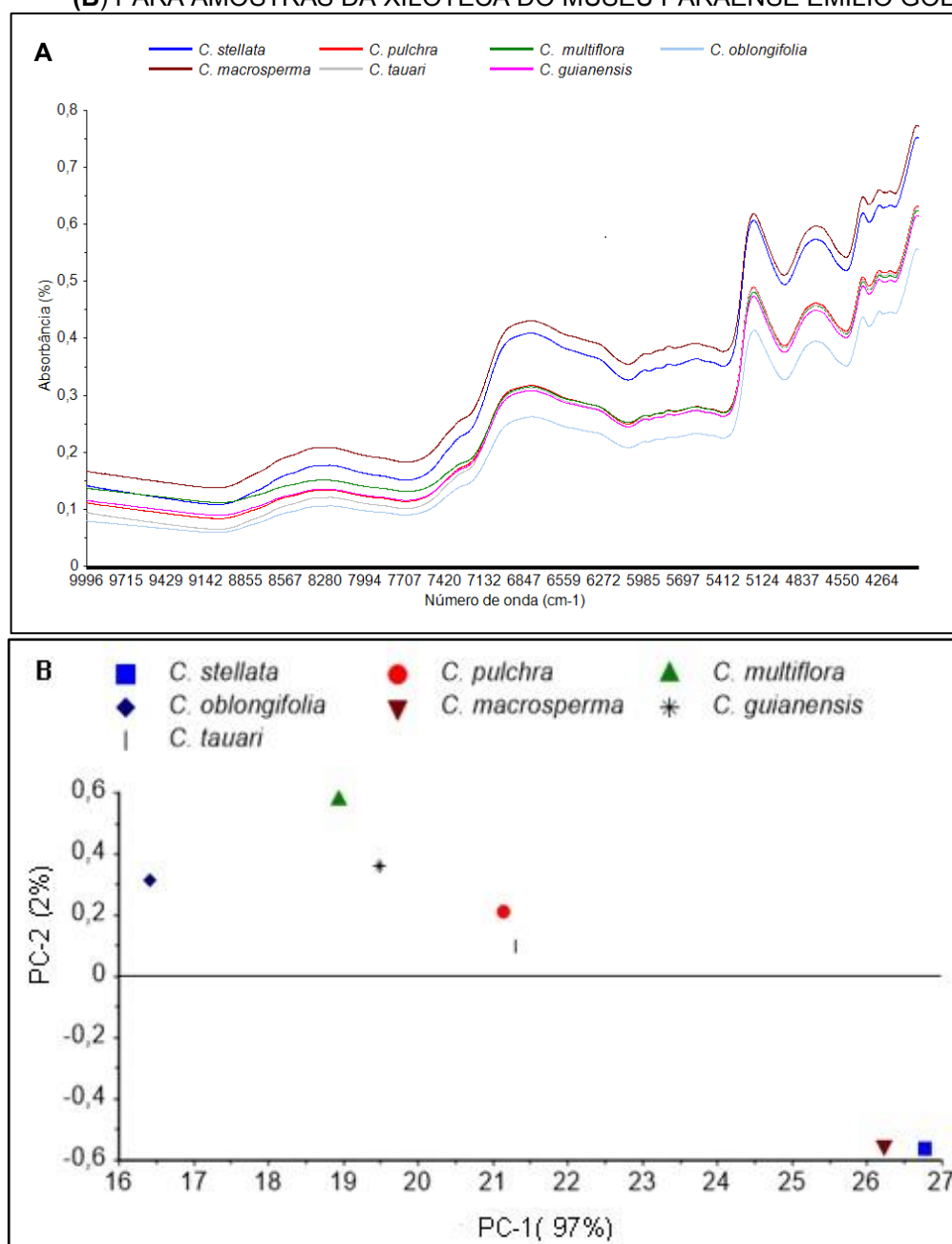
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 NIR - XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Na FIGURA 3.1 (A, B) estão apresentados os espectros médios do NIR para diferentes espécies do grupo tauari e a análise de componentes principais (PCA) para as amostras da Xiloteca Museu Paraense Emílio Goeldi. Constatou-se uma tendência de agrupamento entre *Couratari macrosperma* e *Couratari stellata*, com curvas de espectros mais acentuadas. As espécies *Couratari tauari*, *C. pulchra*, *C. multiflora* e *C. guianensis* tiveram padrão semelhante de comportamento. *Couratari oblongifolia* exibiu uma curva espectral inferior.

A PCA indicou o mesmo agrupamento, evidenciando a existência de uma variabilidade estrutural entre as espécies de “tauari”. Em relação a isso, Candian e Sales (2009) expõem que a madeira é um material heterogêneo, de origem vegetal que apresenta uma grande variabilidade pertinente aos componentes básicos constituintes da madeira.

FIGURA 3.1 - ESPECTRO MÉDIO POR ESPÉCIE (A) E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (B) PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



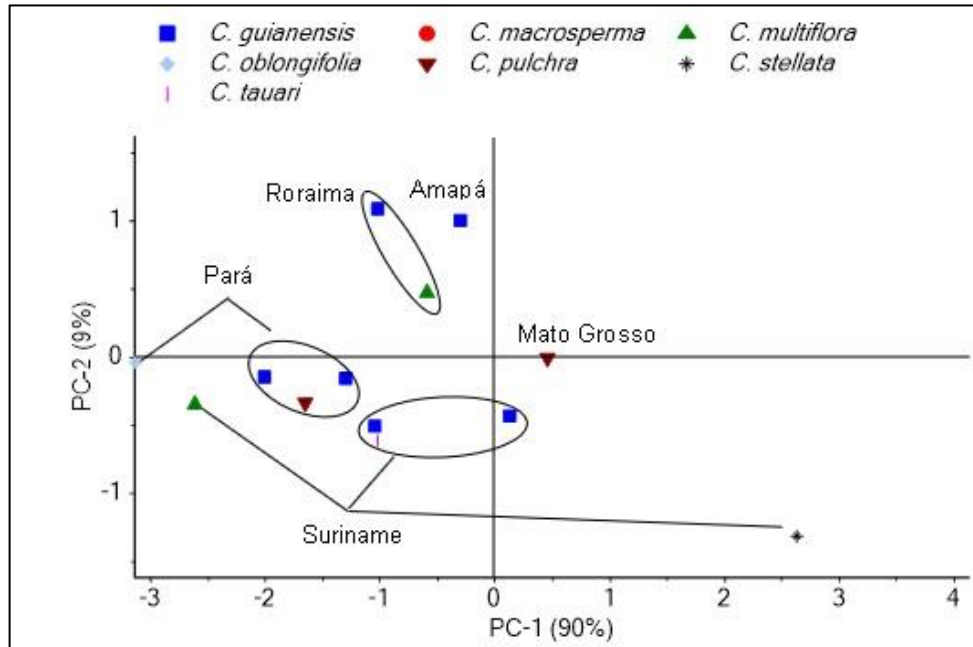
FONTE: O autor (2018).

Na FIGURA 3.2 está a análise das componentes principais (PCA) realizada para procedências de diferentes regiões do Brasil e Suriname. Por meio da PCA constatou-se uma interação das espécies em função dos locais de coleta, haja vista que todas espécies apresentaram uma maior similitude entre si, quando projetadas para a componente 1 em relação a componente 2. Evidenciando o compartilhamento de características em comum, em especial, a composição química. Campos (2008) afirma que os procedimentos matemáticos e os dados espectrais ficam mais



evidentes. Assim, a análise das componentes principais (PCA), em especial, pode ser utilizada para identificar tendências de conjuntos de parâmetros de interesse.

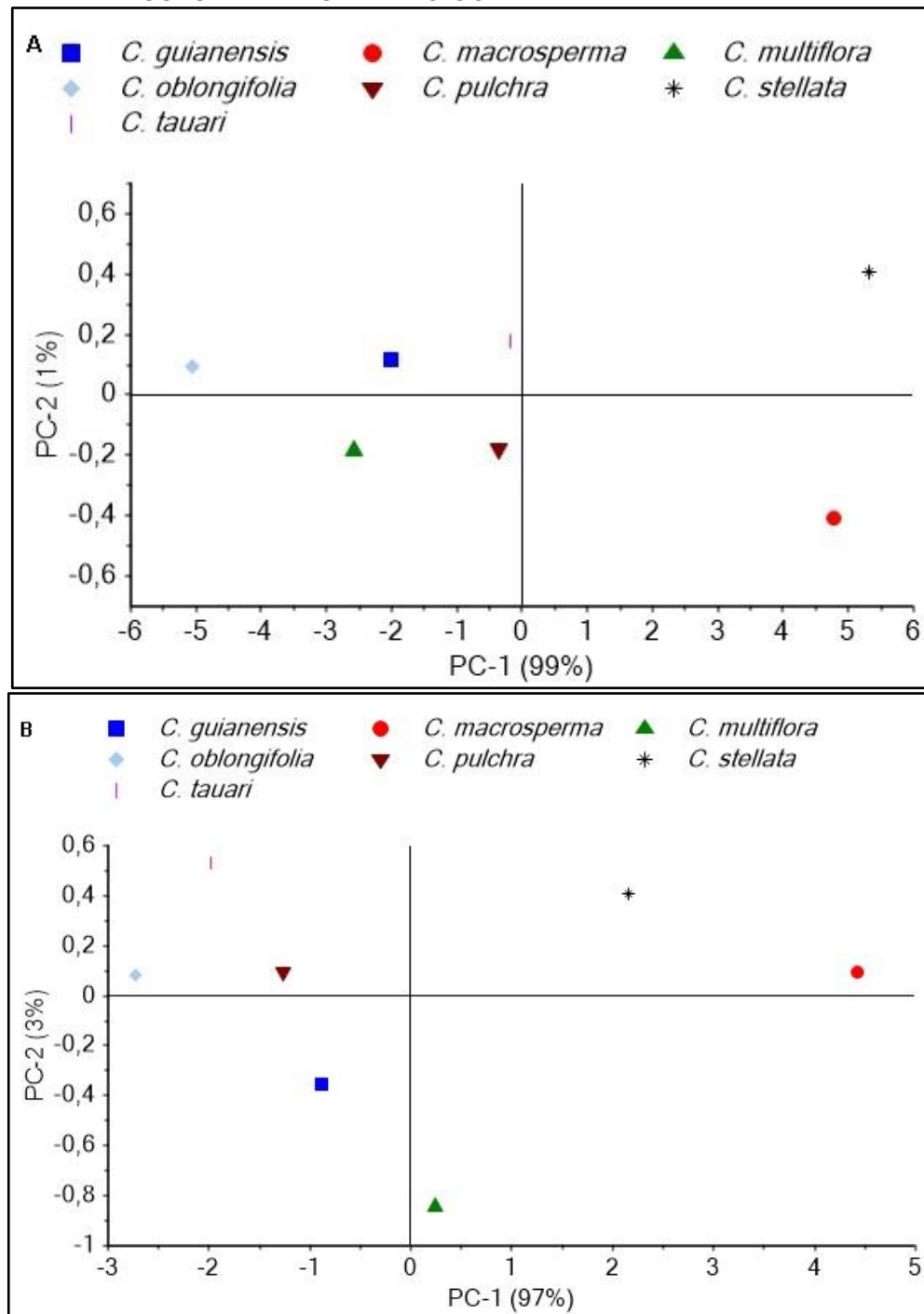
FIGURA 3.2 - ANÁLISE DAS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



FONTE: O autor (2018).

Foram realizadas as análises de componentes principais (PCA) por plano de corte: transversal (X) e lateral (radial e tangencial) para as espécies (FIGURA 3.3, A, B). Observa-se no plano transversal, quanto no plano lateral as espécies tiveram maior proximidade com tendência de agrupamento entre as espécies, ainda que para aquelas de um mesmo local de coleta. Ribeiro (2009) constatou tendência semelhante a este estudo quando analisou as espécies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Eucalyptus grandis* com base nos espectros do NIR.

FIGURA 3.3 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS POR ESPÉCIE NO PLANO TRANSVERSAL (A) E LATERAL (B) PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

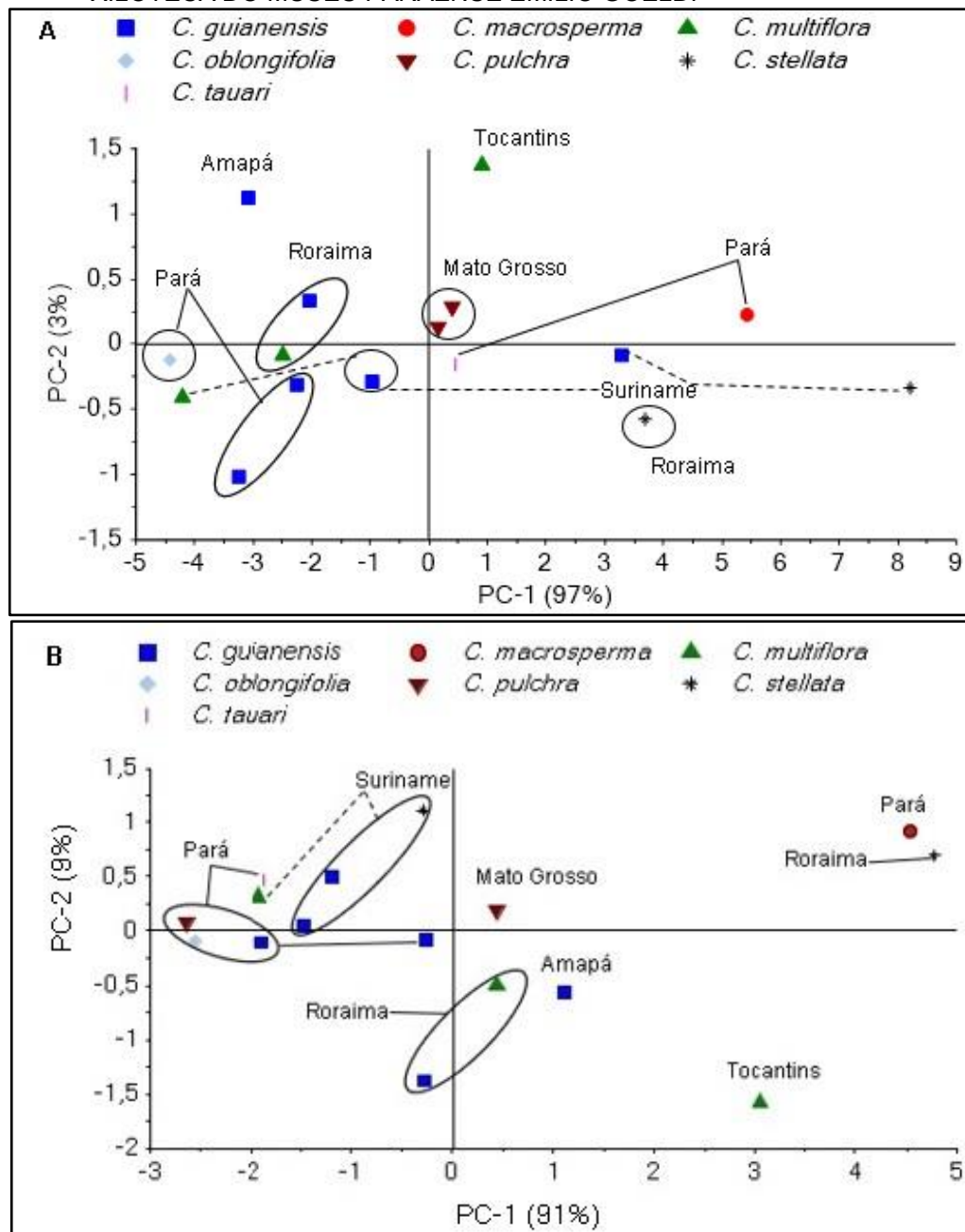


FONTE: O autor (2018).

Na FIGURA 3.4 (A, B) estão as análises de componente principais (PCA) nos espectros médios do plano transversal e lateral (radial e tangencial) para as sete espécies do grupo tauari em função de cada procedência. O plano transversal e lateral não apresentaram diferenças significativas de dispersão das espécies em função da procedências. A madeira exibe seus elementos anatômicos de maneira distinta a

depender do plano de corte. As seções radiais e tangenciais demonstram uma maior organização das estruturas anatômicas, já o plano transversal dispõe de vários elementos anatômicos. Nesse sentido, a diferenciação é maior devido a estas variações e das propriedades químicas, físicas e mecânicas (LIRA et al., 2009; BORGES, 2016).

FIGURA 3.4 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DO PLANO TRANSVERSAL (A) E LATERAL (B) POR ESPÉCIE E POR PROCEDÊNCIA PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

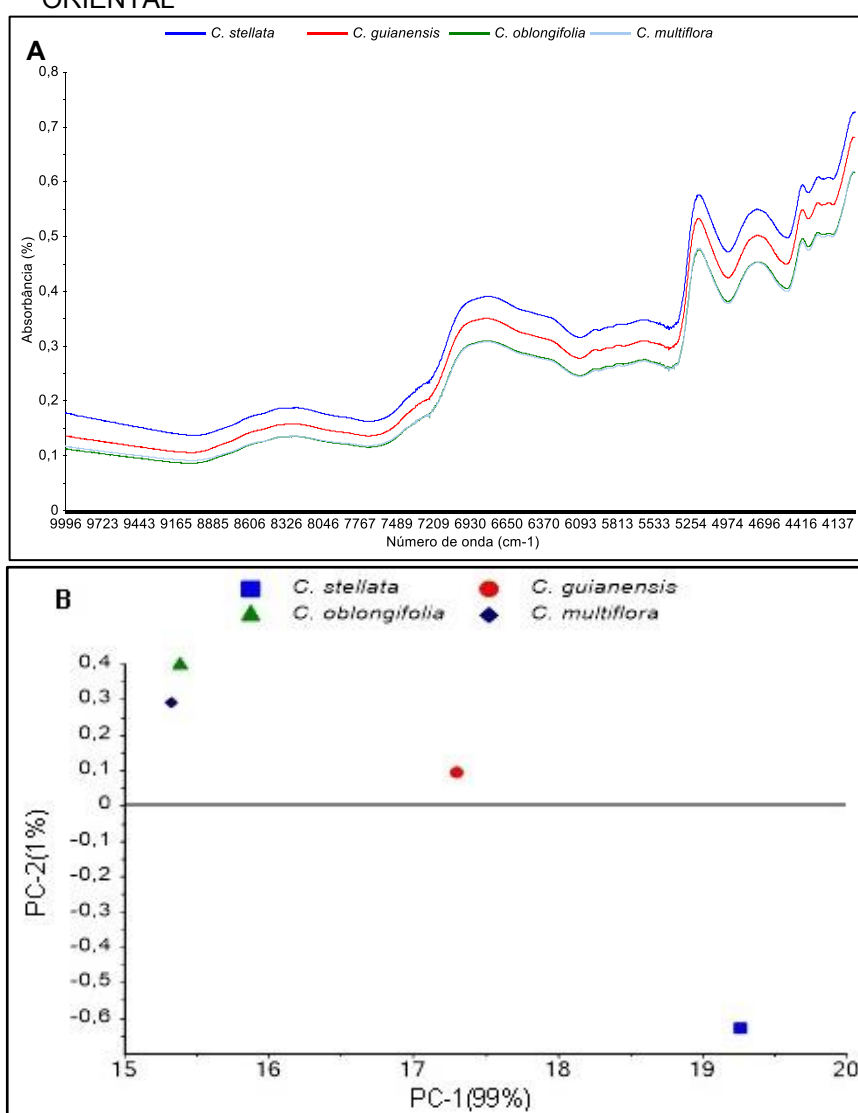


FONTE: O autor (2018).

### 3.2 NIR - XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

Na FIGURA 3.5 (A, B) estão os espectros médios do NIR para diferentes espécies do grupo tauari e a análise de componentes principais (PCA) das amostras da Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental. As espécies *Couratari stellata* e *Couratari guianensis* possuíram curva espectral similar. *Couratari oblongifolia* e *Couratari multiflora* tiveram curvas espectrais inferiores e similares entre si e, tenderam a formar um grupo distinto quando analisadas as componentes principais.

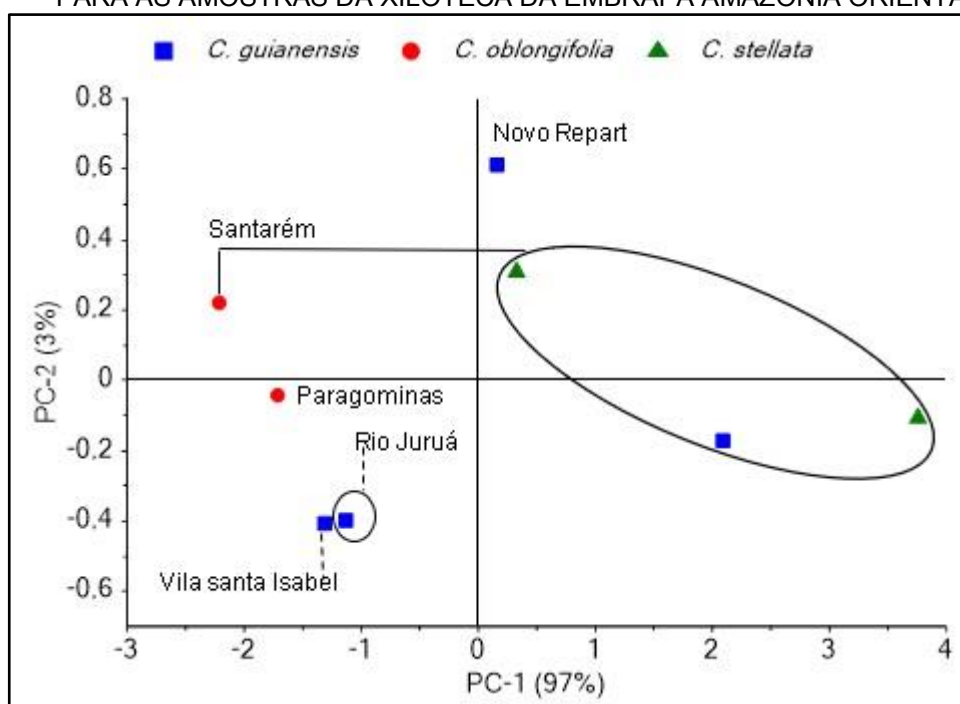
FIGURA 3.5 - ESPECTRO MÉDIO POR ESPÉCIE (A) E (B) ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA AMOSTRAS DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



FONTE: O autor (2018).

Na FIGURA 3.6 estão apresentados a análise de componentes principais (PCA) para as diferentes procedências das amostras da Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental. As análises de componentes principais geraram duas componentes capazes de explicar 100% da variância total dos dados originais. As espécies oriundas do município de Santarém foram mais similares na componente 2. Enquanto que, as espécies dos municípios de Paragominas e Rio Juruá foram mais similares na componente 1 quanto na componente 2. Indicando que essas espécies provavelmente tem sua composição química bem semelhantes.

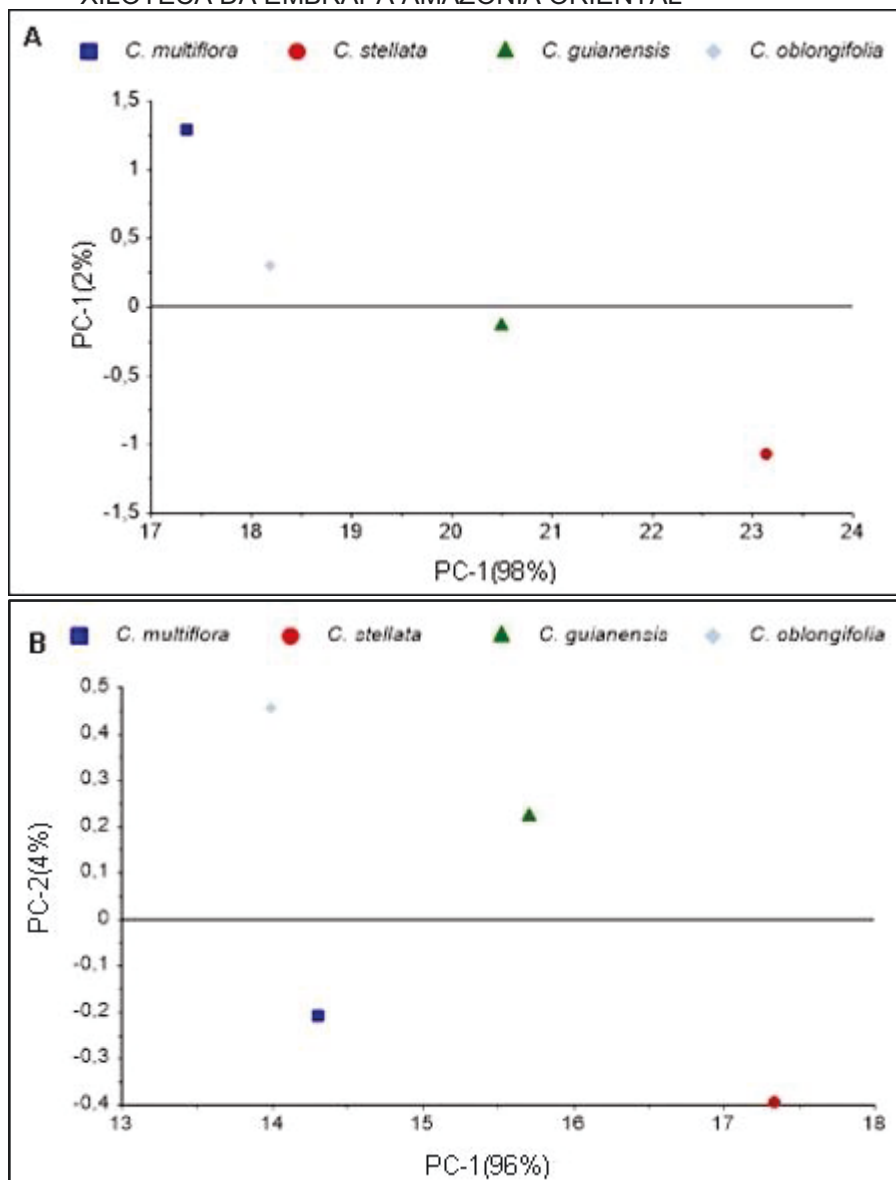
FIGURA 3.6 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS PARA AS AMOSTRAS DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



FONTE: O autor (2018).

Na FIGURA 3.7 (A, B) estão as PCA nos espectros médios do plano transversal e lateral (radial e tangencial) para as espécies do grupo tauari. As espécies revelaram diferentes respostas nas direções de corte da madeira, não evidenciando tendência de formar grupos com características em comum.

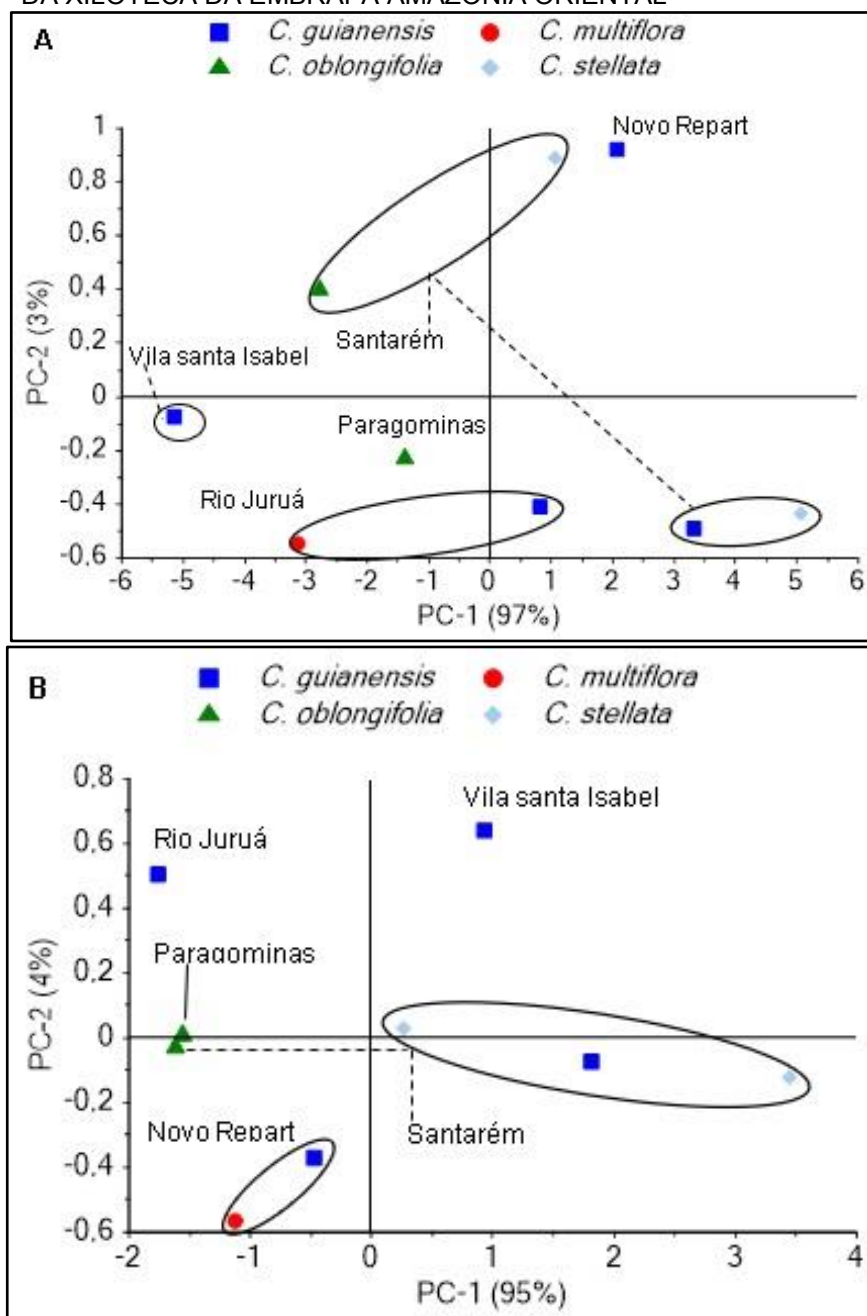
FIGURA 3.7 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS POR ESPÉCIE NO PLANO TRANSVERSAL (A) E NO PLANO LATERAL (B) PARA AS AMOSTRAS DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



FONTE: O autor (2018).

Na FIGURA 3.8 (A, B) estão as PCA dos espectros médios para o plano transversal e lateral (radial e tangencial) para quatro espécies do grupo tauari em função de cada procedência. No plano transversal e lateral constatou-se maior similitude das espécies na componente 1 em relação a componente 2. As diferentes faixas espectrais foram melhores representadas na componente 1.

FIGURA 3.8 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DO PLANO TRANSVERSAL (A) E DO PLANO LATERAL (B) POR ESPÉCIE E POR PROCEDÊNCIA PARA AS AMOSTRAS DA XILOTECA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



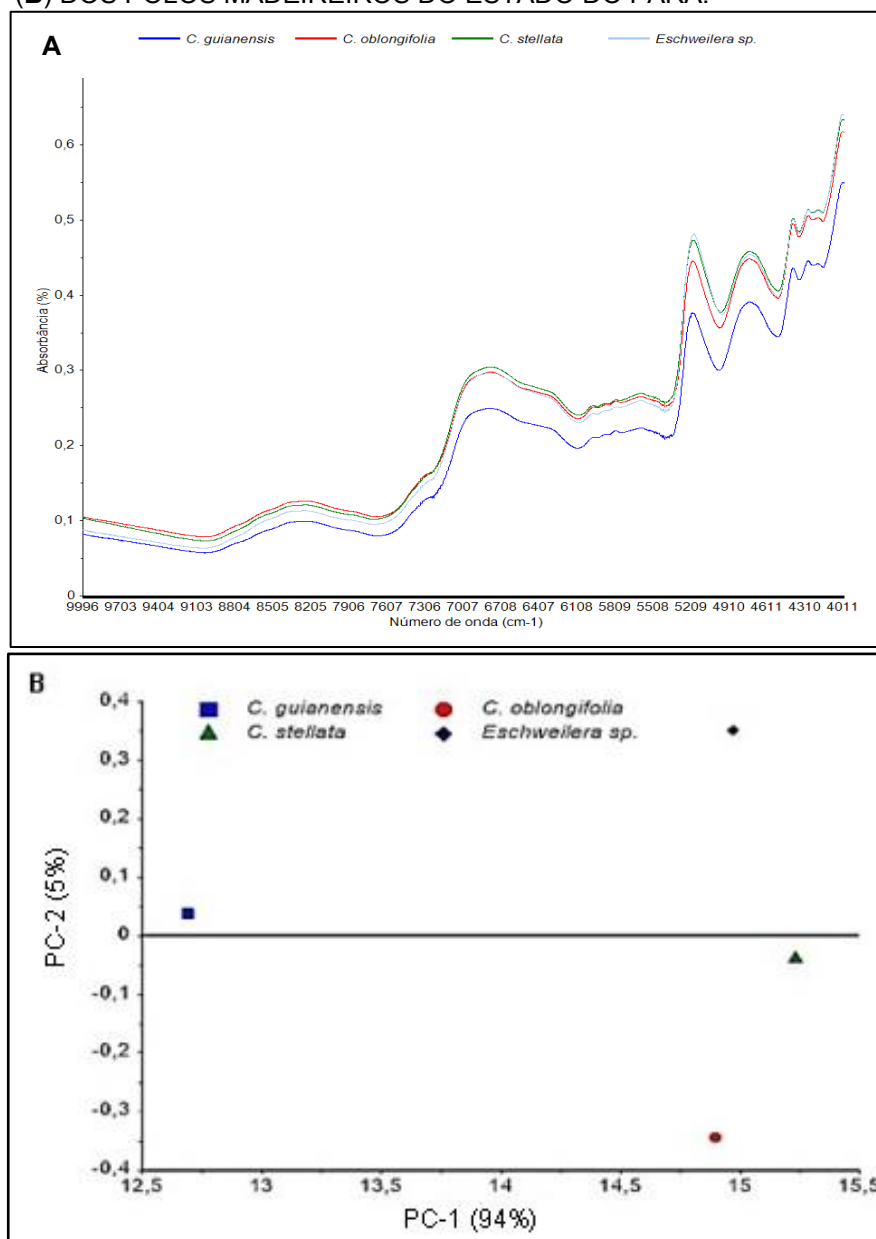
FONTE: O autor (2018).

### 3.3 NIR – PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ

Na FIGURA 3.9 (A, B) estão os espectros médios do NIR, na faixa espectral de 4000 a 10000  $\text{cm}^{-1}$ , para diferentes espécies do grupo tauari oriundas de pólos madeireiros do Estado do Pará. As curvas espectrais das quatro espécies foram similares, porém com intensidade de absorbâncias diferenciadas. Observa-se que as espécies *Couratari stellata*, *Couratari oblongifolia* e *Eschweilera* sp., foram mais

similares na componente 1, em relação a componente 2. A componente 1 foi capaz de explicar 94% da variância total dos dados originais.

FIGURA 3.9 - ESPECTRO MÉDIO POR ESPÉCIE (A) E ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (B) DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ.

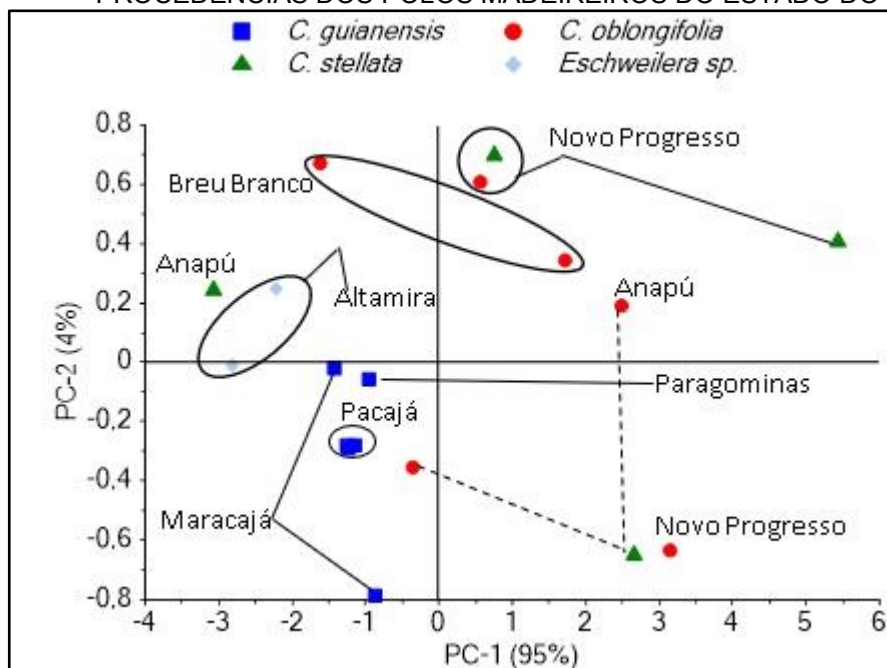


FONTE: O autor (2018).

Na FIGURA 3.10 está a PCA realizada para as quatro espécies oriundas dos principais pólos madeireiros do Estado do Pará. A maior parte das espécies tenderam a formação de grupos independente da origem do material de coleta (FIGURA 1.1, Capítulo 1, página 30).



FIGURA 3.10 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ

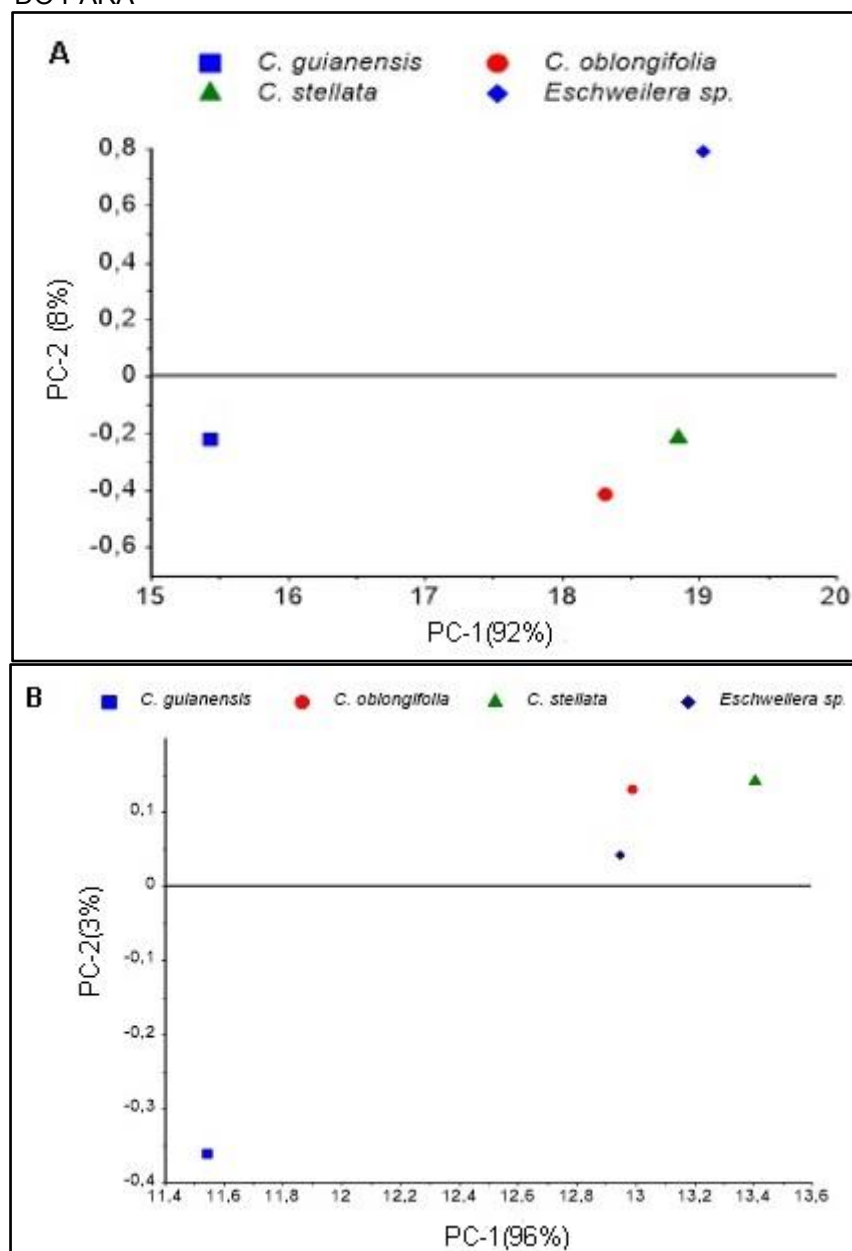


FONTE: O autor (2018).

As espécies de Novo Progresso (Zona Oeste) exibiram maior proximidade com *C. oblongifolia* (Breu Branco) e *C. oblongifolia* e *C. stellata* (Anapú) da Zona Norte. *C. guianensis* de Maracajá (Zona Norte) e Pacajá e Paragominas estiveram na mesma adjacência. As espécies *Eschweilera sp.*, de Altamira e *C. stellata* de Anapú apresentaram similitudes na componente 1 como na componente 2, indicando que há uma grande semelhança no comportamento dessas espécies independente das procedências. Esta similitude de comportamento pode estar relacionada com as condições edafoclimáticas e diferentes tipologias florestais, pois são espécies advindas de florestas nativas da Amazônia brasileira.

Na FIGURA 3.11 (A, B) estão as PCA nos espectros médios do plano transversal e lateral (radial e tangencial) para quatro espécies de pólos madeireiros do Pará. No plano transversal *C. oblongifolia* e *C. stellata* tiveram maior compartilhamento de propriedades. Porém, no plano lateral (radial e tangencial) *C. oblongifolia*, *C. stellata* e *Eschweilera sp.*, mostraram tendência de agrupamento.

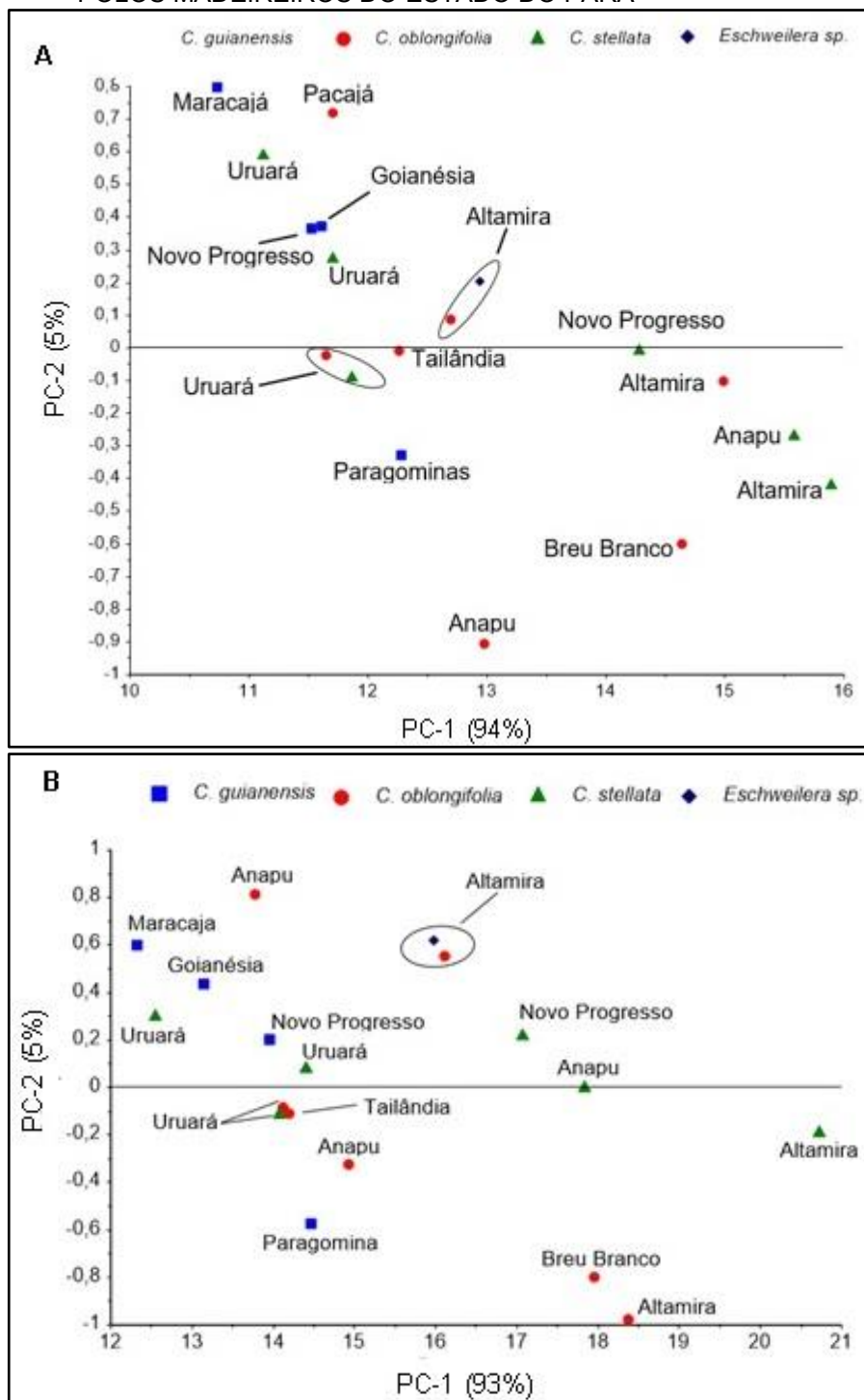
FIGURA 3.11 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS POR ESPÉCIE NO PLANO TRANSVERSAL (A) E LATERAL (B) DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ



FONTE: O autor (2018).

Na FIGURA 3.12 (A, B) estão as análises dos componentes principais (PCA) nos espectros médios para os diferentes planos de corte, nas quatro espécies em função de cada procedência. Infere-se que não houve uma clara distinção no comportamento das espécies em função dos planos de corte.

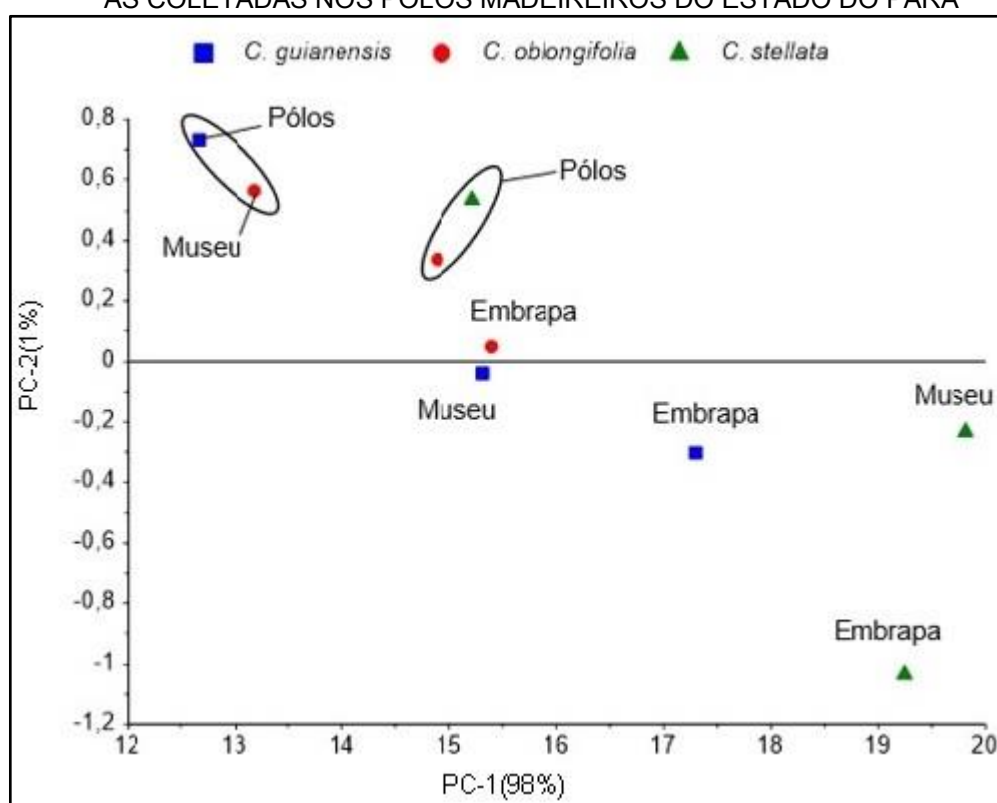
FIGURA 3.12 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) POR ESPÉCIE E POR PROCEDÊNCIA NO PLANO TRANSVERSAL (A) E PLANO LATERAL (B) DOS PÓLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ



FONTE: O autor (2018).

As espécies *Couratari guianensis*, *C. oblongifolia* e *C. stellata* estão presentes nos acervos da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi e da Embrapa Amazônia Oriental, e também foram identificadas nas coletas dos pólos madeireiros do Estado do Pará, assim foi efetuada análise de componentes principais PCA para observar a distribuição das amostras em relação à espécie, além da influência do tempo de armazenamento na identificação das espécies (FIGURA 3.13). De modo geral, foram observadas pequenas diferenças significativas entre as espécies em função da origem do material.

FIGURA 3.13 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) PARA AS ESPÉCIES DE TAUARI DO MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI E DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL E AS COLETADAS NOS POLOS MADEIREIROS DO ESTADO DO PARÁ



FONTE: O autor (2018).

## 4 CONCLUSÃO

A técnica da espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS), aliada às análises de componentes principais, se mostrou promissora na caracterização e discriminação das espécies do grupo tauari.

De maneira geral, os espectros médios do NIR e da PCA realizados por procedências, apresentaram valores de correlação relevantes, porém de baixa magnitude. Já os resultados obtidos com os espectros médios do NIR e da PCA por espécie e plano de corte, foram os mais promissores fornecendo maiores valores de correlação, em especial o plano transversal.

Para a efetiva aplicação prática do NIR na identificação de espécies madeireiras é imprescindível ampliar os bancos de dados abrangendo uma máxima diversidade de espécies e oriundas de diferentes condições edafoclimáticas. Por fim, a técnica auxilia de forma simples, rápida e não-destrutiva a caracterização e identificação de espécies emblemáticas e de difícil separação, como é o caso dos tauaris, que compartilham diversas características em comum.

## REFERÊNCIAS

- BALLARIN, A.W.; NOGUEIRA, M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* por ultra-som. **Eng. Agríc**, v.25, n.1, p.19-28, 2005.
- BARBOSA, L.C. A. **Espectroscopia no infravermelho: na caracterização de compostos orgânicos**. Viçosa: Ed. UFV, 2007.
- BERNAL, R.A.; CORADIN, V.; CAMARGOS, J.A.A; COSTA, C.; PISSARRA, J. Wood anatomy of Lecythidaceae species called “tauari”. **IAWA Journal**, v. 32, n.1, p.1-17, 2011.
- BORGES, K.C.A.S. **Identificação de madeiras nativas por DNA Barcode**. Seropédica-RJ, 84p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Florestas, Seropédica -RJ, 2016.
- BLANCO, M.; COELLO, J.; ITURRIAGA, H.; MASPOCH, S.; PAGES, J. Calibration in 453 nonlinear infrared reflectance spectroscopy: a comparison of several methods. **Anais 454 Analytica Chimica Acta** 1999.
- CAMPOS, A. C. M. **Carvão de Eucalyptus: Efeito dos parâmetros da pirólise sobre a madeira e seus componentes químicos e predição da qualidade pela espectroscopia NIR**. Lavras,118p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- CANDIAN, M.; SALES, A. Aplicação das técnicas não destrutivas de ultra-som, vibração transversal e ondas de tensão para avaliação de madeira. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 4, p. 83-98, 2009.
- CORADIN, V.T.R.; CAMARGOS, J. A.A. **A estrutura anatômica da madeira e princípios para a sua identificação**. Brasília: Via Brasil, 2002.
- FOLEY, W.J.; MCILWEE, A.; LAWLER, I.; ARAGONES, L.; WOOLNOUGH, A.P.; BERDING, N. Ecological applications of near infrared reflectance spectroscopy – a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance. **Oecologia**, v.116, p.293-305, 1998.

HEIN, P. R.G. **Avaliação das propriedades da madeira de *Eucalyptus urophylla* por meio da espectroscopia no infravermelho próximo**. Lavras, 88p. dissertação (Ciência e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

ITTO. INTERNACIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. **Utilization of lesser utilized timber species of Guyana**. Guyana Forestry Commission, 2005. 21p.

LIRA, J.N.; NASCIMENTO, C.C.; PAULA, E.V.C.M. **Avaliação da densidade básica da madeira do cerne e alburno de oito espécies de madeira**. XVIII Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA, Manaus, 2009.

MAGALHÃES, W.L.E.; PEREIRA, J.C.D.; MUÑIZ, G.I.B.; KLOCK, U.; SILVA, J.R.M. Determinação de propriedades químicas e anatômicas de madeira com o uso da reflexão difusa de infravermelho próximo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.50, p.25-36, 2005.

MARTINS, S. R. C. V.; MICHAEL, G. H.; IAN, S.T. Identificação botânica na Amazônia: situação atual e perspectivas. **Embrapa Amazônia Oriental**, v.4, p.1-77, 2003.

PAULA, J.E.; COSTA, K.P. **Densidade da madeira de 932 espécies nativas do Brasil**. Porto alegre: Ed. Cinco Continentes, 2011.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: fundamentals practical aspects and analytical applications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.14, n.2, p.138-219, 2003.

PASTORE, T.C.; BRAGA, J.W.B.; CORADIN, V.T.R.; MAGALHÃES, W.L.E.; OKINO, E.Y.A.; CAMARGO, J.A.A.; MUÑIZ, G.I.B.; BRESSAN, O.A. DAVRIEUX, F. Near infrared spectroscopy (NIRS) as a potential tool for monitoring trade of similar woods: Discrimination of true mahogany, cedar, andiroba, and curupixa. **Holzforschung**, v.65, n.1, p.73-80, 2011.

PROCÓPIO, L.C. **Auto-ecologia de espécies de Couratari (Lecythidaceae): uma abordagem para o manejo e conservação**. Manaus, 146p. Tese (Doutorado em Biologia) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia -INPA, Manaus, 2010.

RIBEIRO. P. G. **Utilização de Técnicas não Destrutivas para Caracterização de madeiras de *Pinus Caribaea* Var. *Hondurensis* e de *Eucalyptus grandis***. Brasília, 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Brasília. 2009.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Guia ilustrativo para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira** APG II. São Paulo: Instituto Plantarum, 2005.

YANG, J.L.; EVANS, R. Prediction of MOE of *Eucalyptus* wood from microfibril angle and density. **Holz als roh-und werkstoff**, v.61, n.6, p.449-452, 2003.



## **CAPITULO 4**

### **COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE IDENTIFICAÇÃO ANATÔMICA, COLORIMETRIA E INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIR) NA DISCRIMINAÇÃO DE ESPÉCIES DO GRUPO TAUARI**

#### **RESUMO**

Este trabalho teve por objetivo verificar o potencial discriminatório do NIR e da Colorimetria, em comparação com a descrição anatômica das madeiras de diferentes espécies do grupo “tauari” coletadas nos principais pólos madeireiros do estado do Pará. As amostras provenientes dos acervos das xilotecas (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emilio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental foram utilizadas na construção dos modelos para as diferentes espécies de tauari. Os espectros foram obtidos em todas as faces das amostras e a análise foi efetuada em três situações distintas: i) média da amostra; ii) apenas espectros da seção transversal; iii) apenas espectros da seção lateral. Foram testados os espectros originais e com segunda derivada. Os métodos de classificação testados foram a Análise Linear Discriminante baseada nos escores da Análise de Componentes Principais (PCA-LDA) e a classificação SIMCA (Soft Independent Model of Class Analogy). O software utilizado foi o Unscrambler X (versão 10.1). Os melhores resultados de discriminação das espécies através da colorimetria e do NIR foram com o método de PCA-LDA. Houve influência da seção anatômica avaliada, e o melhor pré-tratamento foi a segunda derivada. A classificação LDA a partir de informações dos espectros do NIR mostrou maior potencial discriminatório para as espécies. No entanto, pela a complexidade de separação dos “tauaris” sugere-se o emprego concomitante da espectroscopia no infravermelho próximo NIR e colorimetria, aliada com a identificação anatômica para confirmação da espécie.

Palavras-chave: Identificação anatômica. Colorimetria. Espectroscopia.

## ABSTRACT

The objective of this work was to verify the discriminatory potential of NIR and Colorimetry, in comparison with an anatomical description of the woods of different species of the "tauari" group collected in the main wood poles of the state of Pará. Walter A. Egler) of the Museu Paraense Emilio Goeldi and Embrapa Amazônia Oriental were conceived in the construction of models for different species of tauari. The spectra were obtained on all faces of the samples and an analysis was performed on three different occasions: i) sample mean; (ii) only cross-sectional spectra; iii) only side section spectra. The original and second derivative spectra were tested. The classification methods tested were Linear Discriminant Analysis in accordance with the Principal Component Analysis (PCA-LDA) and a SIMCA (Soft Independent Model of Class Analogy) classification. The software used for Unscrambler X (version 10.1). The best results of discrimination of the species through colorimetry and NIR with PCA-LDA method. There was influence of the anatomical section evaluated, and the best pre-treatment for a second derivative. An LDA classification based on information from the NIR spectra showed a greater discriminatory potential for the species. However, due to the complexity of separation of the "tauaris" it is suggested the use of infrared spectroscopy near NIR and colorimetry, allied with an anomalous identification for confirmation of the species.

**Keywords:** Anatomical identification. Colorimetry. Spectroscopy.

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material biológico extremamente complexo, amplamente utilizado pela humanidade. Para melhorar a qualidade dos produtos oriundos de espécies produtoras de madeira, é necessário o conhecimento prévio das espécies a serem utilizadas, podendo com isso maximizar o seu uso e minimizar o desperdício dessa matéria prima (AMORIM et al. 2013; OLIVEIRA et al., 2015).

Assim, a utilização de metodologias eficientes, rápidas e não destrutivas contribuem para alcançar esses objetivos. As técnicas não destrutivas são ferramentas cada vez mais utilizadas na identificação e caracterização de espécies arbóreas, apresentam inúmeras vantagens em relação às técnicas tradicionais, tais como: avaliam peças de madeiras sem necessidade de extração de corpo de prova, analisam com rapidez e precisão grande volume de material (PASTORE et al., 2011).

Dentre estas técnicas, enquadram-se a colorimetria e a espectroscopia do infravermelho próximo (NIR). A técnica de colorimetria vem ganhando espaço a cada ano, no que tange a caracterização da qualidade de madeira através da cor, podendo também ser utilizada, para avaliar propriedades da madeira (THOMPSON, 2006; RIBEIRO, 2009). Já a tecnologia de espectroscopia no infravermelho próximo, permite a aquisição direta de medidas de reflectância que carregam informação dos diversos grupos funcionais presentes nas moléculas nas amostras de madeira, como celulose, hemicelulose e lignina (TSUCHIKAWA 2007). Embora, a utilização do infravermelho em produtos florestais tenha aumentado nos últimos anos, ainda existem muitas limitações sobre essa técnica. Uma das carências está voltada para pesquisas de identificação utilizando as espécies nativas, em especial da Amazônia brasileira. Schimleck et al. (2001) afirmam que a maior parte das pesquisas com a técnica de espectroscopia NIR estão voltados para as coníferas. Desta forma, tendo em vista a necessidade de estudos abordando a identificação de espécies folhosas nativas através de técnicas não destrutivas, este trabalho teve por objetivo verificar o potencial discriminatório do NIR e da Colorimetria, em comparação com a descrição anatômica das madeiras de diferentes espécies do grupo “tauari” coletadas nos principais pólos madeireiros do estado do Pará.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos anos, com os avanços tecnológicos e as crises dos combustíveis fósseis aumentou a pressão sobre as florestas nativas, em diferentes partes do mundo, incluindo o Brasil, com destaque para a Amazônia legal que somou 7.421 quilômetros quadrados de florestas degradadas somente em outubro de 2017 (FONSECA et al., 2017).

Visando minimizar o comércio ilegal de madeiras nativas é necessário identificar as espécies com potencial madeireiro da região. Para isso, são utilizadas algumas técnicas, dentre elas, pode-se destacar a anatomia da madeira. Este processo de identificação baseia-se nas seguintes análises: propriedades organolépticas, tais como, cor, cheiro, gosto, grã, textura, brilho, desenho, massa específica e dureza e das estruturas macroscópicas e microscópicas da madeira (COSTA, 2004; RUFFINATTO et al., 2015). No que tange à análise microscópica da madeira, são observadas as características dos vasos, parênquimas e fibras de forma individual, além de fornecerem informações sobre inclusões de minerais como, cristais prismáticos, drusas, tilos e sílicas (WHEELER, 2011).

Porém, para identificações de espécies em campo geralmente é utilizada a análise macroscópica da madeira, sendo então observados os três planos de corte: transversal (perpendicular ao eixo da árvore), radial (paralelo aos raios) e tangencial (perpendicular aos raios), estas características podem ser visíveis a olho nu ou analisadas com auxílio de lupas de 10x (BURGER; RICHTER, 1991). Assim, a descrição anatômica torna-se imprescindível na identificação correta de madeira.

Contudo, o avanço tecnológico possibilitou o surgimento de novas técnicas para identificação e caracterização das propriedades de madeira. Dentre as novas metodologias estão a espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) e a técnica de colorimetria. Estas técnicas são consideradas atrativas por serem simples, rápidas e exigirem pouco preparo das amostras, além de não danificar o material (SO et al., 2004). Brashaw et al. (2009) afirmam que devido a isso são classificadas como técnicas não-destrutivas.

## 2.1 COLORIMETRIA

A característica externa da madeira como a homogeneidade da cor tem sido utilizada para estabelecer os preços da peça serrada (MÖTTÖNEN et al., 2002). A cor é um dos parâmetros da estética, que está associado à superfície e ao desenho da peça de madeira, e por esta razão exige um padrão de qualidade que deve ser incorporado à caracterização tecnológica da madeira, pois é muito sensível a diversos fatores entre eles teor de umidade, temperatura, degradações provocadas pelo ataque de organismos xilófagos e pelos componentes químicos presentes na sua estrutura (MORI et al., 2005; ZERBINI, 2008).

Camargos e Gonzalez (2001) destacam que a cor é uma das mais extraordinárias características para a identificação de espécies e indicação de usos. Ribeiro (2009) expõe que a colorimetria pode ser utilizada para a identificação, caracterização e qualificação da madeira.

O sistema CIELAB é o mais utilizado para medição da cor da madeira devido à sua facilidade de interpretação e cálculo de cores diferentes. O método obtém os parâmetros colorimétricos de luminosidade ( $L^*$ ), representando a posição no eixo preto-branco; coordenada cromática ( $a^*$ ), definindo a posição no eixo verde-vermelho; coordenada cromática ( $b^*$ ), definindo a posição no eixo azul-amarelo, e permite o cálculo dos parâmetros de saturação ( $C$ ) e ângulo de tinta ( $h^*$ ), que derivam das coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  (ATAYDE et al., 2011). Em alguns equipamentos também é possível obter a curva de reflectância no visível.

A variação dos parâmetros colorimétricos em função de degradação natural ou através de processos de tratamento térmico em madeira aparece em trabalhos de Torres et al. (2012) e Cademartori et al. (2013), por exemplo. Para a discriminação de espécies, a literatura ainda é escassa, existindo trabalhos com eucalipto (NISGOSKI et al., 2017). A aplicação da técnica na identificação de espécies deve levar em consideração a variação natural da cor dentro de uma mesma árvore, em relação à diferenciação de cerne e alburno, e dentro da espécie uma vez que pode ser influenciada por características do ambiente (BRADBURY et al., 2011).

## 2.2 ESPECTROSCOPIA NIR

A espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) baseia-se na interação da luz com o material, que é determinada pela vibração das ligações químicas dos constituintes das amostras (HEIN 2008). A técnica associada a procedimentos matemáticos e estatísticos que auxiliam na identificação, classificação e predição de caracteres de interesse, permite extrair informações relevantes do material analisado (BLANCO et al., 1999). Além disso, leva em média 90 segundos para realização de uma leitura (MAGALHÃES et al., 2005).

Os primeiros trabalhos desenvolvidos com a espectroscopia no infravermelho foram realizados por diversos pesquisadores que pretendia descobrir, de forma quantitativa e qualitativa, os teores de umidade e proteína do trigo (HINDLE 2008). Porém, a utilização em larga escala da espectroscopia ganhou mais impulso com a chegada dos avanços tecnológicos, em especial com o uso de computadores (SIESLER et al., 2002).

Na indústria madeireira, diversas são as possibilidades de aplicação, por exemplo, na caracterização de constituintes químicos de uma espécie, na identificação e classificação de defeitos, além da predição de propriedades físicas e mecânicas do material (TSUCHIKAWA; KOBORI, 2015).

### 2.2.1 QUIMIOMETRIA

A quimiometria é o campo da química que utiliza ferramentas estatísticas e matemáticas para o planejamento e otimização das condições experimentais e para a extração de informação químicas relevantes (GROOT 2004). Além disso, a quimiometria apresenta forte contribuição para o sucesso da espectroscopia no infravermelho, pois utiliza métodos informáticos com a finalidade de obter informações quimicamente importantes a partir dos dados químicos medidos (MASSART et al., 1986; WOLD; SJOSTROM, 1998).

Dentre as diversas áreas da quimiometria pode-se destacar o reconhecimento de padrões e as calibrações multivariadas. O reconhecimento de padrões é a parte vasta de informações extraídas das medidas químicas ou espectrais sobre uma série de dados com intuito de encontrar agrupamentos de amostras que são similares entre si (SOUSA et al., 2011). Já a calibração multivariada, procura

estabelecer um modelo que relacione uma série de medidas químicas ou espectrais realizadas em amostras com uma determinada propriedade (BURNS; CIURCZAK, 2008).

### 2.2.2 PRÉ-TRATAMENTOS

A etapa de pré-tratamentos na espectroscopia NIR é fundamental para o sucesso da análise multivariada, pois o principal objetivo dessa técnica é eliminar informações não importantes do ponto de vista químico e tornar o conjunto de dados mais homogêneo, com a finalidade de reduzir as fontes de variações não informativas e consequentemente melhorar a relação sinal/ruído, tornando as matrizes mais condicionadas à modelagem (SOUZA et al., 2012; NESPECA, 2013). Nesse segmento, Blanco et al. (1997) explicam que as amostras recebem pouco preparo, ao aplicar a espectroscopia, surgem variações no comportamento das curvas espectrais, pois essas variações são causadas por algum tipo de formação na superfície do material, como rugosidade e outras.

Em virtude disso, algumas transformações matemáticas são comumente utilizadas em dados espectrais para minimizar tais variações. Entre as mais usais destaca-se: a correção da linha base, primeira e segunda derivada, normalização, correção de sinais de espalhamento multiplicativo (MSC) e variação normal padrão (SNV) (SAMISTRARO 2008).

As diferenças na linha base são variações comuns em análises de espectroscopia e, em via de regra, a correção é feita pela subtração de um espectro ou uma função polinomial linear, quadrática ou cúbica dependendo da complexidade das variações sistemáticas da linha base. Do mesmo modo, a primeira e segunda derivada tem por finalidade corrigir variações da linha base sem que haja perda de informações quantitativas dos dados originais (GEMPERLINE, 2006; NESPECA, 2013).

A normalização é uma técnica projetada para reduzir a variabilidade entre as amostras, com objetivo de deixar os dados espectrais numa mesma escala. Por fim, as técnicas de pré-tratamento de correção de sinais de espalhamento multiplicativo (MSC) e variação normal padrão (SNV) são bem similares nos resultados, pois os dois métodos tem por finalidade corrigir as variações do espalhamento da radiação, assumem o mesmo coeficiente de espalhamento para todos os comprimento de onda

e podem ser consideradas as técnicas de pré-tratamentos mais utilizadas para os espectros do NIR (RINNAN et al., 2009; FEARN et al., 2009; ROSSO, 2010).

Estas ferramentas estatísticas permitem a extração de informações presentes nos espectros do NIR através das análises multivariadas para classificação de materiais, manipulação e interpretação dos dados obtidos (BLANCO; VILLARROYA, 2002; BARROS NETO, 2006).

### 2.2.3 ANÁLISE QUANTITATIVA

Uma das ferramentas utilizadas para auxiliar na interpretação dos dados é a análise de componentes principais (PCA), que correlaciona um grande número de variáveis, usando combinações lineares. A PCA apresenta como principal função a descrição da variação entre os pontos utilizando o menor número possível de eixos, permitindo assim, agrupar amostras de acordo com suas diferenças e similaridades com base nos espectros gerados pelo NIR (BARROS NETO 2006).

Em conjunto com as análises de componentes principais (PCA), outros procedimentos estatísticos são utilizados como a Análise Discriminante Linear (LDA) e Soft Independent Modelling of Class Analogies (SIMCA). Mark (2004) e Berrueta et al. (2007) afirmam que o principal objetivo das técnicas são identificar tendências nos dados espectrais e prever os parâmetros de interesse das amostras, com intuito de classificar amostras desconhecidas, pois são métodos estatísticos eficientes que possibilitam a predição de outras amostras com análises comparativas rápidas.

### 2.2.4 ESPECTROSCOPIA NIR NA IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRA

Diversos estudos têm sido desenvolvidos utilizando a técnica de espectroscopia no infravermelho próximo NIR na discriminação das propriedades de madeiras plantadas e nativas do Brasil ( NISGOSKI, 2005; MAGALHÃES et al., 2005; CARNEIRO, 2008; HEIN et al., 2009), com o desenvolvimento de calibrações para determinação de características, físicas, químicas, mecânicas e anatômicas de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. Yamada et al. (2006) constataram o potencial do NIR, para caracterização de árvores transgênicas. Do mesmo modo, Samistraro (2008) determinou as propriedades físicas e químicas da polpa kraft. Pastore et al. (2011) avaliaram a aplicação do infravermelho na identificação de espécies nativas da região



Amazônica através de amostras de madeiras. Já na identificação de espécies com base nas análises de folhas e madeiras, destacam-se, Nisgoski et al. (2016), com a diferenciação entre variedades de pinheiro japonês (*Cryptomeria japonica*); Krajsek et al. (2008) e Durgante et al. (2013) que utilizaram somente folhas para identificação de espécies nativas, através da técnica de espectroscopia; e Lang et al. (2015) que também utilizaram a técnica de infravermelho próximo na identificação de espécies nativas tanto em árvores adultas quanto em árvores jovens.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 AMOSTRAS

Nesta pesquisa utilizaram-se 43 amostras de madeiras do grupo “tauari”, provenientes de 15 espécies distintas e 21 procedências diferentes. O banco de dados base para o desenvolvimento dos modelos foi formado por 25 amostras cedidas por acervos científicos, sendo 16 da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emilio Goeldi e 9 da Embrapa Amazônia Oriental do Estado do Pará (TABELA 1.2, capítulo 1, página 32). Para complementação da pesquisa foram coletadas mais 18 amostras de madeiras comercializadas como “tauari” em diferentes polos madeireiros do Estado do Pará. A identificação das espécies ocorreu no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira (LANAQM) da Universidade Federal do Paraná, UFPR (TABELA 1.3, capítulo 1, página 35). A obtenção dos parâmetros colorimétricos seguiu as informações do capítulo 2 (página 57) e a aquisição dos espectros do NIR o disposto no capítulo 3 (página 90) desta dissertação.

#### 3.2 IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS ATRAVÉS DOS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS E ESPECTROS NIR

A construção dos modelos para a classificação das amostras coletadas nos diferentes pólos madeireiros do estado do Pará foi efetuada com base nos parâmetros colorimétricos e espectros NIR das amostras do acervo da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emilio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental do Estado do Pará. O software utilizado para as análises foi o Unscrambler X (versão 10.1).

Os valores médios de cada amostra em cada procedência foram utilizados para a identificação das espécies. As análises foram efetuadas com os dados originais e com o espectro em segunda derivada. Também foi avaliada a influência da face analisada: i) valor médio dos dados da amostra; ii) apenas os dados do plano transversal; iii) apenas os dados da superfície lateral (plano radial e tangencial). Os métodos de classificação testados foram SIMCA (*Soft Independent Modelling of Class Analogies*) e Análise Linear Discriminante com base nos escores da Análise de Componentes Principais (PCA-LDA).

Para a cor foi avaliado em separado o espectro de reflectância no visível (360-740 nm) e os parâmetros colorimétricos  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Para o infravermelho próximo foi avaliado o espectro total, na faixa de (4000-10000  $\text{cm}^{-1}$ ), e apenas a região do espectro que apresentava maior diferenciação entre as espécies, entre (4000-7500  $\text{cm}^{-1}$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CLASSIFICAÇÃO SIMCA

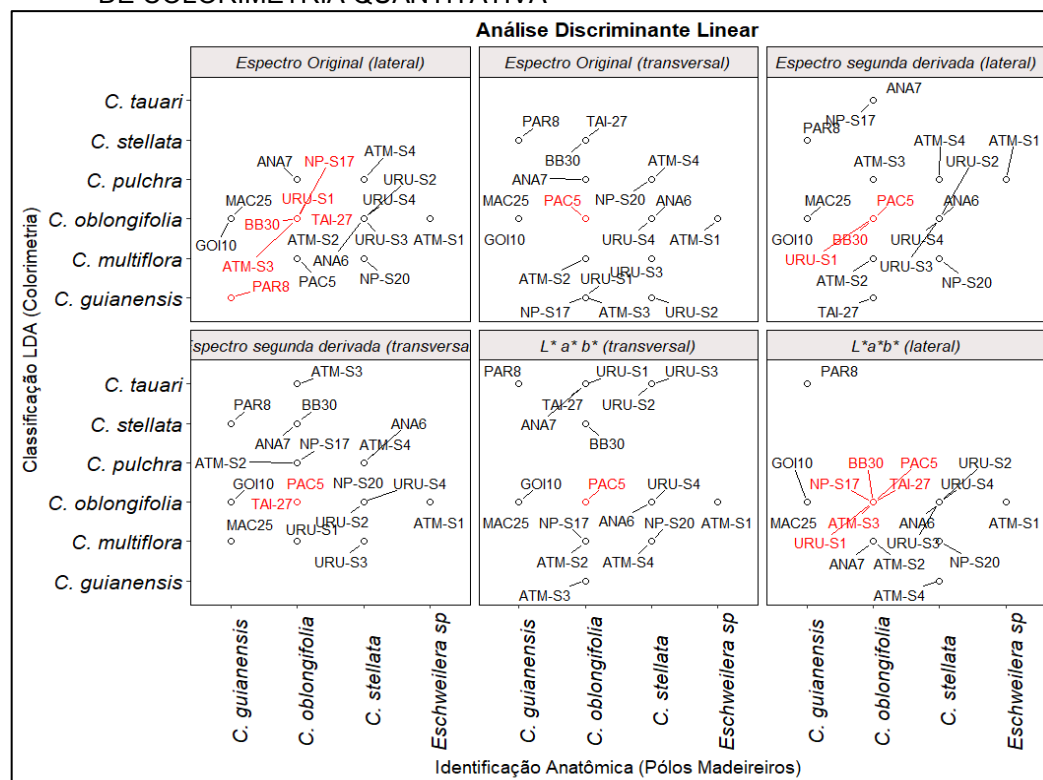
Com a finalidade de definir um modelo a partir dos dados espectrais da cor, associado aos dados de ( $L^*$ ,  $a^*b^*$ ), segunda derivada e os espectros originais, para as 18 amostras de madeira do grupo tauari, aplicou-se a classificação SIMCA, visando identificar amostras de acordo com a descrição anatômica. Porém, a análise SIMCA não forneceu uma boa predição, pois tanto para os espectros originais e segunda derivada para os dados de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , não foi possível obter uma distinção clara das espécies. A variação entre as faces da madeira seguiu o mesmo padrão. A técnica classificou corretamente apenas uma espécie, *C. guianensis* coletada no município de Goianésia, o restante das amostras permaneceu indistintas em relação aos referidos pré-tratamentos.

Para os espectros de infravermelho próximo, com os dados originais e em segunda derivada, com as diferentes faces da madeira o mesmo padrão de sobreposição de informações foi verificado. Como as espécies pertencem ao mesmo gênero e são muito semelhantes externamente, este método classifica a mesma amostra como todas as espécies presentes no modelo, não sendo indicado para a discriminação de madeiras comercializadas como tauari. A classificação detalhada do SIMCA está apresentada no Apêndice 1 (página 152 e 153).

### 4.2 CLASSIFICAÇÃO PCA-LDA PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS

Na FIGURA 4.1 está o resultado da Análise Discriminante Linear (PCA-LDA) aplicada sobre diferentes procedimentos de colorimetria quantitativa (espectros originais, segunda derivada e parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), dentro dos planos de corte transversal e lateral (radial e tangencial), usando como modelo as madeiras do grupo “tauari” provenientes da Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) e da Embrapa Amazônia Oriental. A classificação externa foi feita com as amostras dos pólos madeireiros do Pará. A identificação anatômica feita nas amostras dos pólos madeireiros foi comparada ao resultado da classificação LDA, com intuito de constatar qual(is) procedimento(s) possuía(m) potencial para a discriminação de espécies.

FIGURA 4.1 - ANÁLISE LINEAR DISCRIMINANTE (LDA) SOBRE DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE COLORIMETRIA QUANTITATIVA



FONTE: O autor (2018).

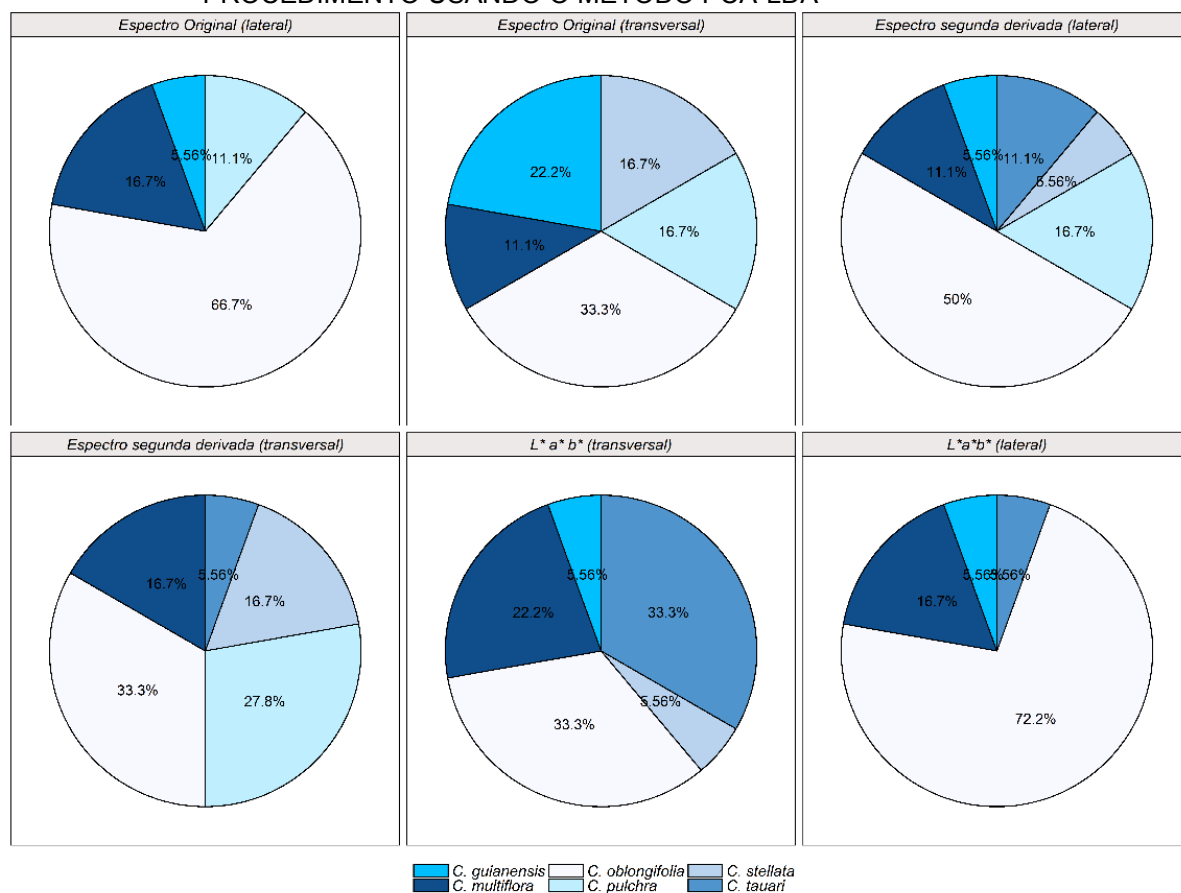
Em que: PAR 8 = Paragominas; BB30 = Breu Branco; NP-S17 e NP-S20 = Novo Progresso; ANA6 e ANA7 = Anapu; ATM-S1, ATM-S2 e ATM-S3 = Altamira; GO10 = Goianésia; TAI-27 = Tailândia; MAC25 = Maracajá; PAC5 = Pacajá; URU-S1, URU-S2, URU-S3 e URU-S4 = Uruará; Municípios na coloração avermelhada tiveram as amostras classificadas corretamente em comparação à anatomia

Em termos gerais, o resultado da classificação com base no padrão LDA obtido a partir de dados colorimétricos da madeira apresentou baixa acurácia quando comparada à identificação anatômica dos pólos madeireiros. O uso das informações do espectro original e dos dados de  $L^* a^* b^*$ , na seção lateral, mostrou-se mais adequado para o modelo LDA (acurácia = 33,3%; n=18). Além disso, 94,7% das classificações corretas foram para *C. oblongifolia*, mostrando a maior precisão do modelo LDA para classificar a espécie.

Por outro lado, as características extraídas do espectro original (transversal) e  $L^* a^* b^*$  (transversal), e segunda derivada foram ineficientes para classificação LDA, haja vista as menores taxas de acerto. No caso da colorimetria, a seção transversal da madeira parece não fornecer informações ideais para a discriminação pelo modelo LDA. O modelo LDA mostrou tendência em classificar, precisa ou erroneamente, a maior parte das amostras em *C. oblongifolia*. O percentual de amostras classificadas como *C. oblongifolia* variou de 33,3% a 72,2% dentro de cada procedimento (FIGURA

4.2). A classificação detalhada do PCA-LDA para os parâmetros colorimétricos está apresentada no Apêndice 2 (página 154).

FIGURA 4.2 - PERCENTUAL DE CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES DENTRO DE CADA PROCEDIMENTO USANDO O MÉTODO PCA-LDA



FONTE: O autor (2018).

#### 4.3 CLASSIFICAÇÃO PCA-LDA PARA OS ESPECTROS NIR

Na construção do modelo com os espectros NIR das amostras de diferentes espécies de tauari observou-se uma grande divergência interna entre os dados do Museu (Coleção Walter A. Egler) e da Embrapa, optando-se pela utilização apenas dos espectros da Embrapa, em função da origem das amostras ser próxima ao material coletado nos diferentes pólos madeireiros do estado do Pará.

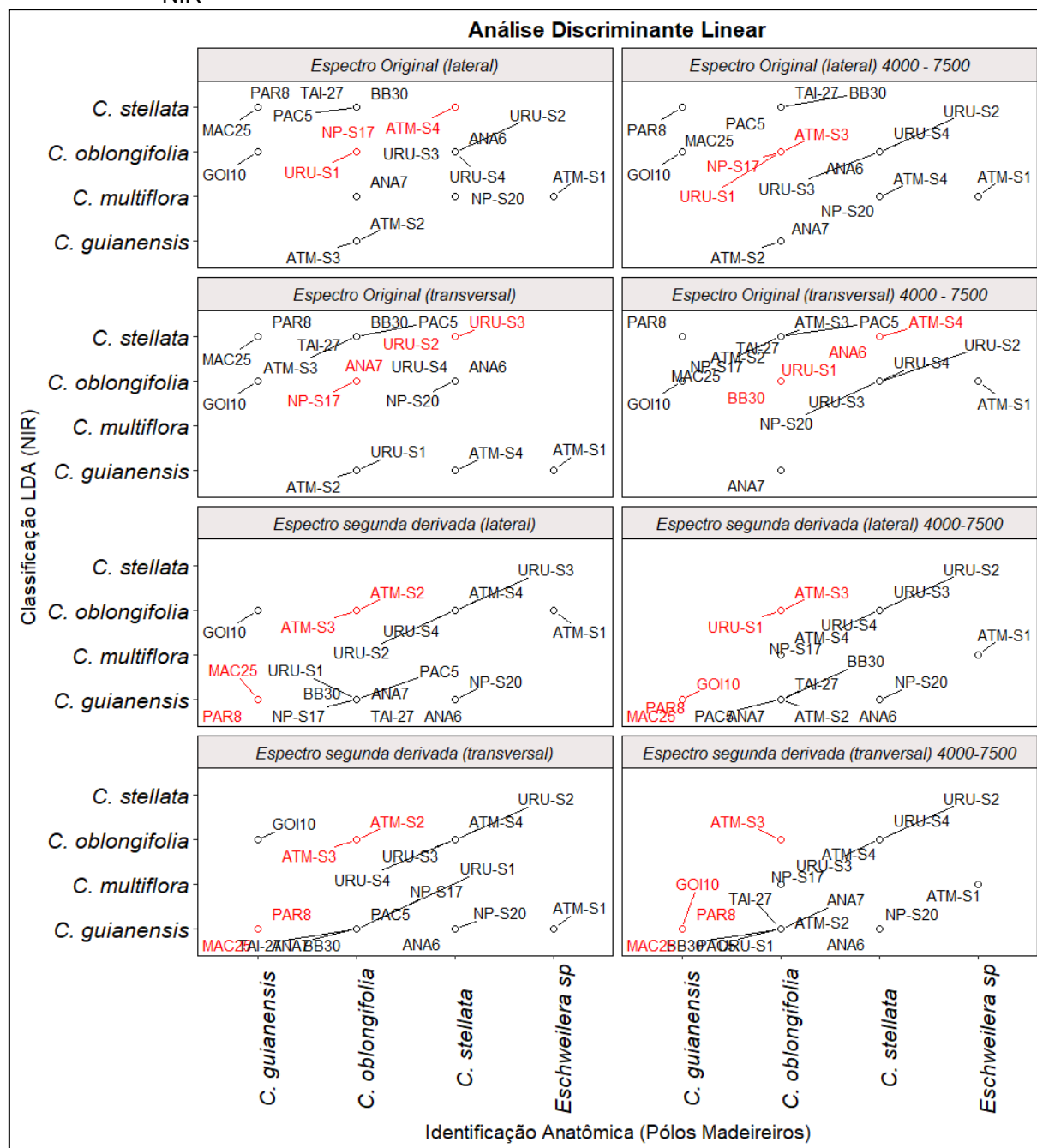
Na FIGURA 4.3 está a Análise Discriminante Linear (LDA) aplicada sobre diferentes espectros do NIR (espectro original total, espectro original na faixa de 4000 a 7500  $\text{cm}^{-1}$ , espectro total em segunda derivada e espectro em segunda derivada na faixa de 4000 a 7500  $\text{cm}^{-1}$ ), dentro dos planos de corte transversal e lateral (radial e

tangencial), para madeiras do grupo “tauari” utilizando como padrão as amostras provenientes da Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental.

Em termos gerais, as taxas de classificações corretas foram equivalentes dentro de cada espectro NIR, com acurácia variando de 11,1 a 33,3%, ou seja, com desempenho similar aos modelos para colorimetria quantitativa. Não obstante, os diferentes espectros do NIR parecem fornecer informações mais robustas para discriminação de espécies, já que os acertos de classificações não se restringiram apenas a uma única espécie (caso da *C. oblongifolia* na colorimetria). Assim, usando de informações de espectros do NIR, a classificação LDA reportou acertos para *C. guianensis*, *C. oblongifolia* e *C. stellata*.

Em princípio, parece haver um bom indício de que os espectros de NIR da segunda derivada, independente da seção ou comprimento de onda, fornecem boas informações para distinção de *C. guianensis* e *C. oblongifolia*. Já o espectro original apresenta pequena influência na distinção de *C. stellata*. A classificação detalhada PCA-LDA para os espectros NIR está apresentada no Apêndice 3 (página 155).

FIGURA 4.3 - ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR (LDA) SOBRE DIFERENTES ESPECTROS DO NIR



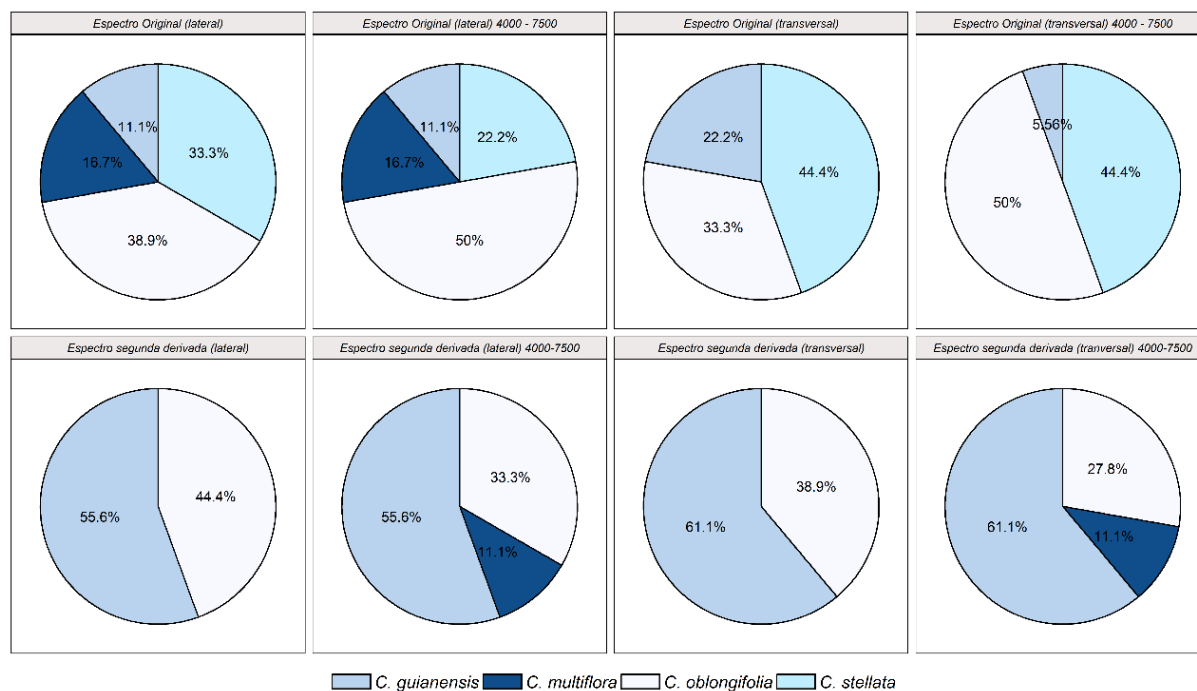
FONTE: O autor (2018).

Em que: PAR8 = Paragominas; BB30 = Breu-Branco; NP-S17 e NP-S20=Novo Progresso; ANA6 e ANA7 = Anapu; ATM-S1, ATM-S2 e ATM-S3 = Altamira; GO10 = Goianésia; TAI-27= Tailândia; MAC25= Maracajá; PAC5 = Pacajá; URU-S1, URU-S2, URU-S3 e URU-S4 = Uruará; Municípios na coloração avermelhada tiveram as amostras classificadas corretamente em comparação a anatomia

O modelo LDA mostrou tendência em classificar, precisa ou erroneamente, a maior parte das amostras em *C. oblongifolia* e *C. guianensis*. A espécie *C. oblongifolia* teve maior percentual de classificação no espectro original (33,3% a 50%), já *C. guianensis* no espectro de segunda derivada (55,6% a 61,1%) (FIGURA 4.4).



FIGURA 4.4 - PERCENTUAL DE CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES DENTRO DE CADA PROCEDIMENTO DE ESPECTROSCOPIA NIR



FONTE: O autor (2018).

Apesar da baixa acurácia da LDA para discriminação do grupo de espécies de “tauari”, têm-se indícios positivos sobre o uso de diferentes espectros do NIR (espectro original, espectro original na faixa de 4000 a 7500 cm<sup>-1</sup>, espectro de segunda derivada e espectro de segunda derivada na faixa de 4000 a 7500 cm<sup>-1</sup>), haja vista que estes forneceram dados mais robustos para discriminação de espécies pelo modelo LDA. Portanto, qualquer avanço científico e tecnológico, mesmo que mínimo, no sentido de identificar o grupo “tauari” é de extrema valia.

Finalmente, deve-se levar em consideração que o grupo “tauari” compartilha características em comum com outros gêneros e, portanto, tem na discriminação a nível de espécie um grande obstáculo. Além disso, o material utilizado para o modelo de calibração pode ser considerado um fator influenciador dos resultados, pois foram amostras advindas de Xilotecas e que já possuíam algum tempo de armazenamento, além de não ser possível determinar de qual parte da árvore o material foi coletado (tronco ou galhos) e a idade da árvore, uma vez que pequenas alterações naturais na árvore resultam em informações que podem ser identificadas no espectro de infravermelho como ruídos.

Campos (1970) e Selle et al. (1994) explicam que as espécies arbóreas são influenciadas por fatores genéticos integrados com o meio ambiente que incluem as

condições climáticas, solo e a competição por nutrientes com outros vegetais. Além disso, Gonzalez et al. (2009) expõem que a região de origem de cada espécie tem forte influência na qualidade da madeira, em especial, nas propriedades físicas, mecânicas e colorimétricas. Em pesquisa recente, Meneses et al. (2015) relataram que a densidade básica e as características de crescimento em clone de *Eucalyptus urophylla* foram influenciadas significativamente pela capacidade produtiva das procedências, idade e a interação dos fatores genéticos e climáticos.

Nisgoski et al. (2015; 2016) avaliando o uso do NIR em árvores com diferentes adubações reportaram que a segunda derivada se mostrou adequada na distinção das árvores como também na discriminação de espécies das famílias Moraceae e Euphorbiaceae. Do mesmo modo, Sandar et al. (2011; 2016) salientaram que a segunda derivada em conjunto com a PCA apresenta-se como um método mais satisfatório no que tange a discriminação de espécies.

## 5 CONCLUSÃO

A classificação LDA nos espectros da cor não forneceram resultados satisfatórios na distinção das espécies do grupo “tauari” comparada com a descrição anatômica. Porém, a classificação LDA a partir de informações dos espectros do NIR mostrou maior potencial discriminatório para as espécies. No entanto, é imprescindível os esforços no sentido de construir um banco de dados representativo, abrangendo uma máxima diversidade de espécies oriundas de diferentes condições edafoclimáticas, de tal modo a construir um modelo LDA mais eficaz na discriminação de espécies com uso de informações de espectro NIR.

O grupo “tauari” é considerado emblemático, devido à semelhança tanto em nível macro quanto microscópico, assim, tem-se na discriminação em nível de espécie um grande obstáculo. Portanto, dada a complexidade de separação dos “tauaris” sugere-se o emprego concomitante da espectroscopia no infravermelho próximo NIR e colorimetria, aliada com a identificação anatômica para a ratificação da espécie.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, P.G.R.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A.A. Propriedades da madeira de *Pinus caribaea* E *Eucalyptus grandis* estimadas por colorimetria. **Cerne**, v.19, n.3, p.461-466, 2013.
- ATAYDE, C.M.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A.A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de muirapiranga (*Brosimum* sp.). **Cerne**, v.17, n.2. p.231-235, 2011.
- BARROS NETO, B. 25 anos de quimiometria no Brasil. **Química Nova**, v.29, n.6, p.1401-1406, 2006.
- BERRUETA, L.A.; ALONSO, S. R.M.; HÉBERGER, K. Supervised pattern recognition in food analysis. **Journal of Chromatography**, v.1158, p.196-214, 2007.
- BLANCO, M.; VILLARROYA, I. NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 21, p.240-250, 2002.
- BLANCO. M.; COELLO, J.; ITURRIAGA, H.; MASPOCH. S.; PAGES, J. Calibration in 453 nonlinear infrared reflectance spectroscopy: a comparison of several methods. **Anais 454 Analytica Chimica Acta** 1999.
- BRADBURY, G.; POTTS, B.M.; BEADLE, C.L.; DUTKOWSKI, G.; HAMILTON, M. Genetic and environmental variation in heartwood colour of Australian blackwood (*Acacia melanoxylon* R. Br.). **Holzforschung**v.65, p.349–359, 2011.
- BRASHAW, B. K.; BUCUR, V.; DIVOS, F. Nondestructive Testing and Evaluation of Wood: A Worldwide Research Update. **Forest Products Journal**, v.59, n.3, p. 7-14, 2009.
- BURGER, M. L.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.
- BURNS, D.A.; CIURCZAK, E.W. **Handbook of near-infrared analysis**. 3. ed. Boca Raton CRC, 2008.
- CADEMARTORI, P.H.G.; SCHNEID, E.; GATTO, D.A.; STANGERLIN, D.M.; BELTRAME, R. Thermal modification of *Eucalyptus grandis* wood: variation of colorimetric parameters. **Maderas:Ciencia y Tecnología**v.15, p.57–64, 2013.

CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C.A. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, v. 71, p.30-41, 2001.

CAMPOS, J. C. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Revista Floresta**, v. 2, n. 3, p. 45-52, 1970.

CARNEIRO, M. E. **Classificação de lâminas de madeira de Pinusspp por espectroscopia óptica**. Curitiba, 97p. Dissertação (Mestrado em ciências agrárias). Universidade federal do Paraná-UFPR, Curitiba, 2008.

COSTA, M.O. (Ed.). **Caracterização anatômica e colorimétrica de espécies madeireiras comercializadas como “IPÊ” no Estado do Pará**. Congresso Nacional de Botânica, 2004. 1 CD-ROM.

DURGANTE, F.M.; HIGUCHI, N.; ALMEIDA, A.; VICENTINI, A. Species spectral signature: discriminating closely related plant species in the Amazon with near-infrared leaf spectroscopy. **Forest Ecology and Management**, v.291, p. 240-248. 2013.

FEARN, T.; RICCIOLI, A.; GARRIDO-VARO, A.; GUERREIRO-GINEL, J.E. On the geometry of SNV and MSC. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v.96, p.22-26, 2009.

FONSECA, A.; JUSTINO, M.; CARDOSO, D.; RIBEIRO, J.; SALOMÃO, R.; SOUZA JR, C.; VERÍSSIMO, A. Sistema de alerta de desmatamento (SAD). **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (outubro de 2017)**, Belém: Imazon, p.1-10, 2017.

GEMPERLINE, P. **Practical guide to chemometrics**. 2. ed. Boca Raton, Taylor e Francis, 2006.

GONÇALEZ, J.C.; VIEIRA, F.S.; CAMARGOS, J.A.A.; ZERBINI, N.J. Influência do sítio nas propriedades da madeira de *Pinus caribae* var. hondurensis. **Cerne** v. 15, n. 2, p. 251-255, 2009.

GROOT, P. D.E. **Chemometrical Contributions Extending the Application of Near-Infrared and Raman Spectroscopy**. p.1-120, 2004.

HEIN, P. R. G.; CAMPOS, A. C. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; CHAIX, G.  
HEIN, P. R.G. **Avaliação das propriedades da madeira de *Eucalyptus urophylla* por meio da espectroscopia no infravermelho próximo**. Lavras, 88p. dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras, 2008.

HINDLE, P. H. **Handbook of Near-Infrared Analysis**. 3. ed. Boca Raton CRC, 2008.

KRAJSEK, S. S.; BUH, P.; ZEGA, A.; KREFT, S. Identification of herbarium Whole-leaf Samples of *Epilobium* Species by ATR-IR Spectroscopy. **Chemistry & Biodiversity**, v.5, p.310-317, 2008.

LANG, C.; COSTA, F.R.C.; CAMARGO, J.L.C.; DURGANTE, F.M.; VICENTINI, A. Near infrared spectroscopy facilitates rapid identification of both young and mature Amazonian tree species. **Journal Plos One**, v.10. n.8, p.1-15, 2015.

MAGALHÃES, W. L. E.; PEREIRA, J. C. D.; MUÑIZ, G. I. B. DE; KLOCK, U.; MARK, H. (Ed). **Near-infrared Technology in the agricultura and food industries**. American Association of Cereal Chemists, 2004.

MASSART, D.L.; VANDEGINSTE, B.G.; DEMING, S.N.; MICHOTTE, Y.; KAUFMAN, F. **Fuzzy logic in Chemistry**. Academic, p.364,1986.

MENESES, V.A.; TRUGILHO, P.F.; CALEGARIO, N.; LEITE, H.G. Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, v.43, n.105, p.101-116, 2015.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONCALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MÖTTÖNEN, K.; ALVILA, L.; PAKKANEN, T. CIELab measurements to determine the role of felling season, log storage and kiln drying on coloration of silver Birch wood. **Scandinavian Journal Forest Research**, v. 17, p. 179-191, 2002.

NESPECA, M.G. **Desenvolvimento de modelos quimiométricos associados à espectroscopia no infravermelho para determinação de parâmetros físico-químicos do óleo diesel**. Araraquara, 113p. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, Araraquara, 2013.

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** Curitiba, 173p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, 2005.

NISGOSKI, S.; CARNEIRO, M. E.; LENGOWSKI, E. C.; SCHARDOSIN, F.Z.; MUNIZ, G. I.B. Potencial use of visible and near-infrared spectroscopy for pine species discrimination by examination of needles. **Southern Forests**, v.77, p. 1-5, 2015.

NISGOSKI, S.; DE MUNIZ, G.I.B.; GONÇALVES, T.A.P.; BALLARIN, A.W. Use of visible and near-infrared spectroscopy for discrimination of eucalypt species by examination of solid samples. **Journal of Tropical Forest Science**.v.29, n.3, p.371–379, 2017.

NISGOSKI, S.; SCHARDOSIN, F.Z.; BATISTA, F.R.R.; MUÑIZ, G.I.B.; CARNEIRO, M.E. Potential use of NIR spectroscopy to identify *Cryptomeria japonica* varieties from southern Brazil. **Wood Science and Technology**, v.50, n.1, p.71-80, 2016.

OLIVEIRA, E.M.; BRAGA, J.W.B.; COSTA, A.F. Discriminação de madeiras similares por fluorescência molecular e mínimos quadrados parciais. **Química Nova**, v. XY, n.0015200, p.1-4, 2015.

PASTORE, T. C. M.; BRAGA, J. W. B.; CORADIN, V. T. R. Near infrared RIBEIRO, P. G. **Utilização de técnicas não destrutivas para caracterização de madeiras de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis*.** Brasília, 114p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

RINNAN, A.; VAN DEN BERG, F.; ENGELSEN, B. Review of the most common pre-processing techniques for near-infrared spectra. **Trends in Analytical Chemistry**, v.28, n.10, p.1201-1222, 2009.

ROSSO, S. **Predição das propriedades de *Eucalyptus grandis* Maiden por espectroscopia no infravermelho próximo.** Curitiba, 126p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, 2010.

RUFFINATTO, F.; CRIVELLARO, A.; WIEDENHOEFT, A.C. Review of macroscopic features for hardwood and softwood identification and a proposal for a new character list. **IAWA Journal**, v.36, n.2, p.208–241, 2015.

SANDAK, A; SANDAK, J.; NEGRI, M. Relationship between near-infrared (NIR) spectra and the geographical provenance of timber. **Wood Science and Technology**, v. 45, n.1, p. 35-48, 2011.

SANDAK, A; SANDAK, J; O, ALLEGRETTI. Chemical changes to woody polymers due to high-temperature thermal treatment assessed with near infrared spectroscopy. **Journal of near infrared spectroscopy**, V.24, p.555–562, 2016.

SAMISTRARO, G. **Previsão das propriedades químicas da polpa e papel Kraft por espectroscopia no Infravermelho Próximo (NIR) e regressão de mínimos quadrados parciais (PLS)**. Curitiba, 115p.Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, 2008.

SCHIMLECK, L. R.; EVANS, R.; ILIC, J. Estimation of *Eucalyptus delegatensis* wood properties by near infrared spectroscopy. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p.1671-1675, 2001.

SELLE, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Classificação de sítio para *Pinus taeda* L., através aa altura dominante, para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v.4, n.1, p. 77-95, 1994.

SIESLER, H. W.; OZAKI, S.; KAWATA; H. M. **Near-Infrared Spectroscopy Principles, Instruments, Applications**. p.1-73, 2002.

SILVA, J. R. M. DA. Determinação de Propriedades Químicas e Anatômicas de Madeira com o Uso da Reflexão Difusa de Infravermelho Próximo. **Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo**, v. 50, p. 25-36, 2005.

SO, C.L.; VIA, B. K.; GROOM, L. H. Near infrared spectroscopy in the forest products industry. **Forest Products Journal**, v.54, n.3, p.6-16, 2004.

SOUSA, L.C.; GOMIDE, J.L.; MILAGRES, F.R.; ALMEIDA, D.P. Desenvolvimento de modelos de calibração NIRS para minimização das análises de madeiras de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v.21, p.591-599, 2011.

SOUZA, A.M.; POPPI, R.J. Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I. **Química Nova**, v.35, n.1, p.223-229, 2012.



THOMPSON, R. M. **Resistência de painéis de partículas orientadas (OSB) tratados termicamente frente ao intemperismo**. Brasília, 48 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

TORRES, S.S; JOMAAW, MARCF; PUIGGALI JR. Colour alteration and chemistry changes in oak wood (*Quercus pedunculata*.) during plain vacuum drying. **Wood Science Technology**, v.46, p.177–191, 2012.

TSUCHIKAWA, S. A Review of recent Near Infrared Research for wood and paper. **Taylor e Francis online**, v. 42, p. 1-22, 2007.

TSUCHIKAWA, S.; KOBORI, H. A review of recent application of near infrared spectroscopy to wood science and technology. **Journal of Wood Science**, v.61, p.213–220, 2015.

WHEELER, E.A. InsideWood - a web resource for hardwood anatomy. **IAWA Journal**, v.32, p.199-211, 2011.

WOLD, S.; SJOSTROM, M. Chemometrics presente and future success and Inteligente Laboratory Systems. **Amsterdam**, v.44, p.3-14, 1998.

YAMADA, T.; YEH, T.F.; CHANG, H.M.; LI, L.; KADLA, J. F.; CHIANG, V. L. Rapid analysis of transgenic trees using transmittance near-infrared spectroscopy (NIR). **Holzforschung**, v.60, p.24-28, 2006.

ZERBINI, N.J. **Madeiras tropicais com potencial comercial da região do Rio Xingu (Pará, Brasil): propriedades tecnológicas e cadeia produtiva**. Brasília, 187p. Tese (doutorado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia- Departamento de engenharia Florestal, 2008.

## CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES

O estudo da anatomia do grupo “tauari” ratificou a grande semelhança entre espécies, com mínimas divergências de caracteres anatômicos, tanto em nível macro quanto microscópico. Evidencia-se, assim, a necessidade de procedimentos mais eficazes de identificação em inventários florestais destinados à aprovação de Projetos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), haja vista que espécies distintas possivelmente estão sendo agrupadas sob um mesmo nome vernacular.

Uma consulta feita no Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais do Pará (SISFLORA-PA), alerta para uma considerável comercialização de toras de madeira de *Couratari multiflora* (2.261,7580m³) oriundas do município de Tucuruí, no período de 01/01/2006 a 21/02/2016. Tendo em vista que a espécie é considerada de baixa abundância na região Amazônica, fica a indagação: Será que de fato se trata de *Couratari multiflora*? Ou esta alta comercialização pode ser uma ratificação da confusão que existe na identificação das espécies do grupo “tauari”?

A adoção de técnicas não-destrutivas, como colorimetria e espectroscopia do infravermelho próximo (NIR), constituem-se em ferramentas de suporte para discriminação de espécies do grupo “tauari”, dada a rapidez e simplicidade de aplicação. No entanto, é fundamental a composição de um banco de dados robusto e representativo da diversidade de espécie do grupo “tauari”, de modo a potencializar a capacidade de diferenciação das espécies através destas técnicas.

Dada a continuidade das pesquisas, estimulada pelo progresso científico, é possível que as técnicas não destrutivas de identificação deixem o campo experimental e, de fato comecem a ser utilizadas de forma prática e eficaz por órgãos ambientais competentes, nos procedimentos de vistoria técnica e fiscalização ambiental. De tal modo, conseguir-se-ia conciliar a exploração dos recursos florestais e a conservação de espécies.

Recomenda-se que pesquisas sejam desenvolvidas de forma integrada entre instituições nacionais e internacionais, com experiência em estudo de madeiras tropicais, que disponham de novas tecnologias que possam ser adaptadas às condições Amazônicas e, que permitam a transferência e o intercâmbio de conhecimento.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E.S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in wood anatomy of some Brazilian species. **IAWA Journal**, v.21, n.1, p. 3-30, 2000.
- AMORIM, P.G.R.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A.A. Propriedades da madeira de *Pinus caribaea* E *Eucalyptus grandis* estimadas por colorimetria. **Cerne**, v.19, n.3, p.461-466, 2013.
- ARAÚJO, H.J.B. **Agrupamento de madeiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do Projeto de Colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das propriedades físicas e mecânicas**. Piracicaba, 184p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- ATAYDE, C.M.; GONÇALEZ, J.C.; CAMARGOS, J.A.A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de muirapiranga (*Brosimum* sp.). **Cerne**, v.17, n.2. p.231-235, 2011.
- BAAS, P.; SCHWEINGRUBER, F.H. Ecological in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin**, v.8, n.3, p. 245-274, 1987.
- BALLARIN, A.W.; NOGUEIRA, M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* por ultra-som. **Eng. Agríc**, v.25, n.1, p.19-28, 2005.
- BARBOSA, A.P.; VIANEZ, B.F.; VAREJÃO, M.J.; ABREU, R.L.S. Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 42-61,2001.
- BARBOSA, L.C. A. **Espectroscopia no infravermelho: na caracterização de compostos orgânicos**. Viçosa: Ed. UFV, 2007.
- BARROS NETO, B. 25 anos de quimiometria no Brasil. **Química Nova**, v.29, n.6, p.1401-1406, 2006.
- BARROS, S.V.S.; MUÑIZ, G.I.B.; MATOS, J.L. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. **Cerne**, v. 20, n.3, p.337-342, 2013.

BERALDO, A. L.; ARRUDA, A. C.; STANCATO, A. C.; SAMPAIO, C. A. P.; FERNANDES FILHO, O. P.; LEONEL, V. M. Compósito à base de resíduos vegetais e cimento Portland. In: Encontro Brasileiro em madeiras e estruturas de madeira: **Anais**. Uberlândia, p. 85-90, 2002.

BERNAL, R.A.; CORADIN, V.; CAMARGOS, J.; COSTA, C.; PISSARRA, J. Wood anatomy of Lecythidaceae species called "tauari". **IAWA Journal**, v. 32, n.1, p.1-17, 2011.

BERRUETA, L.A.; ALONSO, S. R.M.; HÉBERGER, K. Supervised pattern recognition in food analysis. **Journal of Chromatography**, v.1158, p.196-214, 2007.

BLANCO, M.; VILLARROYA, I. NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 21, p.240-250, 2002.

BLANCO, M.; COELLO, J.; ITURRIAGA, H.; MASPOCH, S.; PAGES, J. Calibration in 453 nonlinear infrared reflectance spectroscopy: a comparison of several methods. **Anais 454 Analytica Chimica Acta** 1999.

BORGES, K.C.A.S. **Identificação de madeiras nativas por DNA Barcode**. Seropédica-RJ, 84p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Florestas, Seropédica -RJ, 2016.

BRADBURY, G.; POTTS, B.M.; BEADLE, C.L.; DUTKOWSKI, G.; HAMILTON, M. Genetic and environmental variation in heartwood colour of Australian blackwood (*Acacia melanoxylon* R.Br.). **Holzforschung**, v.65, n.3, p.349-359, 2011.

BRASHAW, B. K.; BUCUR, V.; DIVOS, F. Nondestructive testing and evaluation of wood: a worldwide research update. **Forest Products Journal**, v.59, n.3, p. 7-14, 2009.

BRASIL. Portaria MMA nº443, de 17 de dezembro de 2014. "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção". **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, nº 245, p. 110, 18 de dezembro de 2014. Seção 1.

BURGER, M. L.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.

BURNS, D.A.; CIURCZAK, E.W. **Handbook of near-infrared analysis**. 3. ed. Boca Raton CRC, 2008.

CADEMARTORI, P.H.G.; SCHNEID, E.; GATTO, D.A.; STANGERLIN, D.M.; BELTRAME, R. Thermal modification of *Eucalyptus grandis* wood: variation of colorimetric parameters. *Maderas: Ciencia y Tecnología* v.15, p.57–64, 2013.

CALLADO, C.H.; ROIG, F.A.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BARROS, C.F. Cambial growth periodicity studies of South American woody species – a review. **IAWA Journal**, v. 34, n. 3, p. 213-230, 2013.

CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras comerciais de Mato Grosso**: Chave de identificação IBAMA. Brasília, n.3, p.4-82, 1996.

CAMARGOS, J.A.A.; GONÇALEZ, J.C.A. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, v. 71, p.30-41, 2001.

CAMPOS, A. C. M. **Carvão de Eucalyptus: Efeito dos parâmetros da pirólise sobre a madeira e seus componentes químicos e predição da qualidade pela espectroscopia NIR**. Lavras, 118p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

CAMPOS, J. C. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Revista Floresta**, v. 2, n. 3, p. 45-52, 1970.

CANDIAN, M.; SALES, A. Aplicação das técnicas não destrutivas de ultra-som, vibração transversal e ondas de tensão para avaliação de madeira. **Ambiente Construído**, v.9, n.4, p. 83-98, 2009.

CARDOSO, D.; SOUZA JR, C. **Sistema de monitoramento da exploração madeireira (SIMEX)**: Período 2015-2016, Imazon. Belém/PA, 2017. 32p.

CARNEIRO, M. E. **Classificação de lâminas de madeira de Pinusspp por espectroscopia óptica**. Curitiba, 97p. Dissertação (Mestrado em ciências agrárias). Universidade federal do Paraná-UFPR, Curitiba, 2008.

CHAZDON, R.L.; FINEGAN, B.; CAPERS, R.S.; SALGADO NEGRET, B.; CASANOVES, F.; BOUKILI, V.; NORDEN, N. Composition and dynamics of functional groups of trees during tropical forest succession in Northeastern Costa Rica. **Biotropica**, v. 42, p. 31-40, 2010.

CORADIN, V.T.R.; CAMARGOS, J. A.A. **A estrutura anatômica da madeira e princípios para a sua identificação**. Brasília: Via Brasil, 2002.

CORADIN, V.T.R.; CAMARGOS, J.A.A.; PASTORE, T.C.M.; CHRISTO, A.G. Versão 1.0.2. Madeiras Comerciais do Brasil, **Chave Eletrônica**, 2011.

COSTA, M. L. M. N.; BAJGIELMAN, T. **Estratégia nacional para a conservação ex situ de espécies ameaçadas da Flora Brasileira**. Centro Nacional de Conservação da Flora-CNCFlora: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2016, 24p.

COSTA, M.O. (Ed.). **Caracterização anatômica e colorimétrica de espécies madeireiras comercializadas como “IPÊ” no Estado do Pará**. Congresso Nacional de Botânica, 2004. 1 CD-ROM.

DÜNISCH, O.; RICHTER, H.G.; KOCH, G. Wood properties of juvenile and mature heartwood in *Robinia pseudoacacia* L. **Wood Science and Technology**, v.44, n.2, p.301-313, 2010.

DURGANTE, F.M.; HIGUCHI, N.; ALMEIDA, A.; VICENTINI, A. Species spectral signature: discriminating closely related plant species in the Amazon with near-infrared leaf spectroscopy. **Forest Ecology and Management**, v.291, p. 240-248. 2013.

FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. **Situación de los bosques del mundo**. Roma, 2011. 193p.

FEARN, T.; RICCIOLI, A.; GARRIDO-VARO, A.; GUERREIRO-GINEL, J.E. On the geometry of SNV and MSC. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v.96, p.22-26, 2009.

FERREIRA, G. C.; GOMES, J. I.; HOPKINS, M. J. G. Estudo anatômico de espécies de Leguminosae no estado do Pará comercializadas como “angelim”. **Acta Amazonica**, v.34, n.3 p.387-398, 2004.

FOLEY, W.J.; MCILWEE, A.; LAWLER, I.; ARAGONES, L.; WOOLNOUGH, A.P.; BERDING, N. Ecological applications of near infrared reflectance spectroscopy – a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance. **Oecologia**, v.116, p.293-305, 1998.

FONSECA, A.; JUSTINO, M.; CARDOSO, D.; RIBEIRO, J.; SALOMÃO, R.; SOUZA JR, C.; VERÍSSIMO, A. Sistema de alerta de desmatamento (SAD). **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (outubro de 2017)**, Belém: Imazon, p.1-10, 2017.

FONSECA, A.; JUSTINO, M.; SOUZA JR, C.; VERÍSSIMO, A. **Transparência Florestal: Amazônia Legal**. 1 ed. Imazon, Belém PA, 10p, 2017.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS (**FAPESPA**). Estatísticas Municipais Paraense: Diretoria de estatística e de Tecnologia e Gestão da Informação. Belém, 2016 55p.

GARCIA, R.A.; OLIVEIRA, N.S.; NASCIMENTO, A.M.; SOUZA, N.D. Colorimetria de madeiras dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e sua correlação com a densidade. **Cerne**, v.20, n.4, p.509-517, 2014.

GARZÓN, R.A.B. **Estudo anatômico comparativo do lenho das espécies de Lecythidaceae denominadas “tauari”**. Brasília-DF, 62p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade de Brasília, departamento de Botânica, Brasília, 2004.

GASSON, P. How precise can wood identification be? Wood Anatomy's Role in Support of the Legal Timber Trade, Especially CITES. **IAWA Journal**, v. 32, n.2, p.137-154, 2011.

GEMPERLINE, P. **Practical guide to chemometrics**. 2. ed. Boca Raton, Taylor e Francis, 2006.

GOMES, J.M.; CARVALHO, J.O.D.P.; SILVA, M.G.; NOBRE, D.N.V.; TAFFAREL, M.; FERREIRA, J.E.R.; SANTOS, R.N.J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v.40, n.1, p.171-178, 2010.

GONÇALEZ, J.C.; VIEIRA, F.S.; CAMARGOS, J.A.A.; ZERBINI, N.J. Influência do sítio nas propriedades da madeira de *Pinus caribaea* var. hondurensis. **Cerne** v. 15, n. 2, p. 251-255, 2009.

GROOT, P. D.E. **Chemometrical Contributions Extending the Application of Near-Infrared and Raman Spectroscopy**. p.1-120, 2004.

HEIN, P. R. G.; CAMPOS, A. C. M.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; CHAIX, G. **Avaliação das propriedades da madeira de *Eucalyptus urophylla* por meio da espectroscopia no infravermelho próximo**. Lavras, 88p. dissertação (Ciência e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

HÉRAULT, B.; OUALLET, J.; BLANC, L.; WAGNER, F.; BARALOTO, C. Growth responses of neotropical trees to Logging gaps. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, p. 821-831, 2010.

HINDLE, P. H. **Handbook of Near-Infrared Analysis**. 3. ed. Boca Raton CRC, 2008.

IAWA COMMITTEE. List of microscopic feature of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 3, n.10, p. 221- 332, 1989.

IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). **Informação estratégica para a gestão florestal no Brasil: período 2007-2009**. Brasília, 2010, 56p.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **10 espécies mais comercializadas por Estado (tora, madeira serrada)**. Brasília, 2006, 10p.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Padronização da nomenclatura comercial brasileira das madeiras tropicais amazônicas**. Brasília, 1991, 56p.

ITTO. INTERNACIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. **Utilization of lesser utilized timber species of Guyana**. Guyana Forestry Commission, 2005. 21p.

JANKOWSKY, I. P. **Madeiras Brasileiras**. São Paulo: IPT, 1990.

KISHINO, M.; NAKANO, T. Artificial weathering of tropical woods. **Holzforschung**, v. 58, n. 5, p. 552-557, 2004.

KRAJSEK, S. S.; BUH, P.; ZEGA, A.; KREFT, S. Identification of herbarium Whole-leaf Samples of *Epilobium* Species by ATR-IR Spectroscopy. **Chemistry & Biodiversity**, v.5, p.310-317, 2008.



LANG, C.; COSTA, F.R.C.; CAMARGO, J.L.C.; DURGANTE, F.M.; VICENTINI, A. Near infrared spectroscopy facilitates rapid identification of both young and mature Amazonian tree species. **Journal Plos One**, v.10. n.8, p.1-15, 2015.

LENS, F.; BAAS, P.; JANSEN, S.; SMETS, E. A search for phylogenetically informative wood characters within Lecythidaceae S. L. **American Journal of Botany**, v. 94 p. 483-502, 2007.

LEÓN, W.J.H. Estudio anatómico de la madera en 17 especies de la familia Lecythidaceae de Venezuela. **Revista Forestal Venezolana**, v. 52, p. 213-225, 2008.

LIRA, J.N.; NASCIMENTO, C.C.; PAULA, E.V.C.M. **Avaliação da densidade básica da madeira do cerne e alburno de oito espécies de madeira**. XVIII Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA, Manaus, 2009.

LIU, S.; LOUP, C.; GRIL, J.; DUMONCEAUD, O.; THIBAUT, A.; THIBAUT, B. Studies on European beech (*Fagus sylvatica* L.). Part 1. Variations of wood color parameters. **Annals of Forest Science**, v.62, n.7, p.625-632, 2005.

MAGALHÃES, W. L. E.; PEREIRA, J. C. D.; MUÑIZ, G. I. B. DE; KLOCK, U.; SILVA, J.R.M. Determinação de propriedades químicas e anatômicas de madeira com o uso da reflexão difusa de infravermelho próximo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.50, p.25-36, 2005.

MARK, H. (Ed). **Near-infrared Technology in the agricultura and food industries**. American Association of Cereal Chemists, 2004.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1 ed., Rio de Janeiro, 2013. 1100p.

MARTINS, S. R. C. V.; MICHAEL, G. H.; IAN, S.T. Identificação botânica na Amazônia: situação atual e perspectivas. **Embrapa Amazônia Oriental**, v.4, p.1-77,2003.

MASSART, D.L.; VANDEGINSTE, B.G.; DEMING, S.N.; MICHOTTE, Y.; KAUFMAN, F. **Fuzzy logic in Chemistry**. Academic, p.364,1986.

MENESES, V.A.; TRUGILHO, P.F.; CALEGARIO, N.; LEITE, H.G. Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, v.43, n.105, p.101-116, 2015.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford. Clarendon Press, 1950.

MORI, C. L. S. O.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONCALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

MORI, C.L.S.O.; MORI, F.A.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F.; OLIVEIRA, A.C. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2004.

MORI, S. Diversificação e conservação das Lecythidaceae neotropicais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n.1, p. 45-68, 1990.

MÖTTÖNEN, K.; ALVILA, L.; PAKKANEN, T. CIELab measurements to determine the role of felling season, log storage and kiln drying on coloration of silver Birch wood. **Scandinavian Journal Forest Research**, v. 17, p. 179-191, 2002.

NAHUZ, M.A.R. **Madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo: IPT, 2013.

NESPECA, M.G. **Desenvolvimento de modelos quimiométricos associados à espectroscopia no infravermelho para determinação de parâmetros físico-químicos do óleo diesel**. Araraquara, 113p. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, Araraquara, 2013.

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** Curitiba, 173p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, 2005.

NISGOSKI, S.; CARNEIRO, M. E.; LENGOWSKI, E. C.; SCHARDOSIN, F.Z.; MUNIZ, G. I.B. Potencial use of visible and near-infrared spectroscopy for pine species discrimination by examination of needles. **Southern Forests**, v.77, p. 1-5, 2015.

NISGOSKI, S.; DE MUNIZ, G.I.B.; GONÇALVES, T.A.P.; BALLARIN, A.W. Use of visible and near-infrared spectroscopy for discrimination of eucalypt species by examination of solid samples. **Journal of Tropical Forest Science**.v.29, n.3, p.371–379, 2017.

NISGOSKI, S.; SCHARDOSIN, F.Z.; BATISTA, F.R.R.; MUÑIZ, G.I.B.; CARNEIRO, M.E. Potential use of NIR spectroscopy to identify *Cryptomeria japonica* varieties from southern Brazil. **Wood Science and Technology**, v.50, n.1, p.71-80, 2016.

NISHINO, Y.; JANIN, G.; CHANSON, P.D.; DÉTIENNE, P. GRIL, J. THIBAUT, B. Colorimetry of wood specimens from French Guiana. **Journal of Wood Science**, v. 44, p. 3-8, 1998.

OLIVEIRA, E.M.; BRAGA, J.W.B.; COSTA, A.F. Discriminação de madeiras similares por fluorescência molecular e mínimos quadrados parciais. **Química Nova**, v. XY, n.0015200, p.1-4, 2015.

OLIVEIRA, F.G.R.; MILLER, K.P.; CANDIAN, M.; SALES, A. Influência da seção transversal na velocidade ultra-sônica na madeira de *Eucalyptus citriodora*. **Cerne**, v. 11, n. 2, p.197-203, 2005.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: fundamentals practical aspects and analytical applications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.14, n.2, p.138-219,2003.

PASTORE, T. C. M.; BRAGA, J. W. B.; CORADIN, V. T. R. Near infrared spectroscopy (NIRS) as a potential tool for monitoring trade of similar woods: Discrimination of true mahogany, cedar, andiroba, and curupixá. **Holzforschung**, v. 65, p. 73-80, 2011.

PAULA, J.E.; COSTA, K.P. **Densidade da madeira de 932 espécies nativas do Brasil**. Porto alegre: Cinco Continentes, 2011.

PROCÓPIO, L.C. **Auto-ecologia de espécies de Couratari (Lecythidaceae): uma abordagem para o manejo e conservação**. Manaus,146p. Tese (Doutorado em Biologia) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA, Manaus, 2010.

PROCÓPIO, L.C.; SECCO, R. S. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do “tauari” (Couratari spp e Cariniana spp – Lecythidaceae) em duas áreas manejadas no Estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 31- 44, 2008.

RIBEIRO, P. G. **Utilização de Técnicas não Destrutivas para Caracterização de madeiras de Pinus Caribaea Var. Hondurensis e de Eucalyptus grandis.**

Brasília, 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Brasília. 2009.

RINNAN, A.; VAN DEN BERG, F.; ENGELSEN, B. Review of the most common pre-processing techniques for near-infrared spectra. **Trends in Analytical Chemistry**, v.28, n.10, p.1201-1222, 2009.

ROSSO, S. **Predição das propriedades de Eucalyptus grandis Maiden por espectroscopia no infravermelho próximo.** Curitiba, 126p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, 2010.

RUFFINATTO, F.; CRIVELLARO, A.; WIEDENHOEFT, A.C. Review of macroscopic features for hardwood and softwood identification and a proposal for a new character list. **IAWA Journal**, v.36, n.2, p.208–241, 2015.

SAMISTRARO, G. **Previsão das propriedades químicas da polpa e papel Kraft por espectroscopia no Infravermelho Próximo (NIR) e regressão de mínimos quadrados parciais (PLS).** Curitiba, 115p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba, 2008.

SANDAK, A; SANDAK, J.; NEGRI, M. Relationship between near-infrared (NIR) spectra and the geographical provenance of timber. **Wood Science and Technology**, v. 45, n.1, p. 35-48, 2011.

SANDAK, A; SANDAK, J; O, ALLEGRETTI. Chemical changes to woody polymers due to high-temperature thermal treatment assessed with near infrared spectroscopy. **Journal of near infrared spectroscopy**, V.24, p.555–562, 2016.

SANTINI JUNIOR, L. **Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializada no Estado de São Paulo-programa São Paulo amigo da Amazônia e Cadmadeira.** Piracicaba, 274 p. Dissertação (Mestrado em recursos florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SCHIMLECK, L. R.; EVANS, R.; ILIC, J. Estimation of *Eucalyptus delegatensis* wood properties by near infrared spectroscopy. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p.1671-1675, 2001.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2014 a 31/12/2014**. Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2014. 76p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2015 a 31/12/2015**. Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2015. 67p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2006 a 21/02/2016**. Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2016a. 167p.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO PARÁ (SEMAS-PA). **Relatório de extração e movimentação de toras de madeiras nativas: período de 01/01/2016 a 21/02/2016**. Disponível em: <https://monitoramento.semas.pa.gov.br/sisflora/relatorios.html>. Acessado em: 27 agosto de 2017. 2016b. 39p.

SELLE, G. L.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Classificação de sítio para *Pinus taeda* L., através a altura dominante, para a região de Cambará do Sul, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, v.4, n.1, p. 77-95, 1994.

SIESLER, H. W.; OZAKI, S.; KAWATA, H. M. **Near-Infrared Spectroscopy Principles, Instruments, Applications**. p.1-73, 2002.

SILVA, J. R. M. DA. Determinação de Propriedades Químicas e Anatômicas de Madeira com o Uso da Reflexão Difusa de Infravermelho Próximo. **Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo**, v. 50, p. 25-36, 2005.

SILVA, R.C.V.M. **Coleta e identificação de espécimes botânicos**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

SIMATUPANG, M. H.; SCHWARZ, G. H.; BROOKER, F. W. Small scale plants for the manufacture of mineralbonded wood composites. In: **World Forestry Congress**. Jakarta: WIC, 1978, 21p.

SO, C.L.; VIA, B. K.; GROOM, L. H. Near infrared spectroscopy in the forest products industry. **Forest Products Journal**, v.54, n.3, p.6-16, 2004.

SOARES, L.F.; SILVA, D.C.; BERGO, M.C.J.; CORADIN, V.T.R.; BRAGA, J.W.B.; PASTORE, T.C.M. Avaliação de espectrômetro NIR portátil e PLS-DA para a discriminação de seis espécies similares de madeira Amazônicas. **Química Nova**, v. 40, p. 418-420, 2017.

SOUSA, L.C.; GOMIDE, J.L.; MILAGRES, F.R.; ALMEIDA, D.P. Desenvolvimento de modelos de calibração NIRS para minimização das análises de madeiras de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v.21, p.591-599, 2011.

SOUZA, A.M.; POPPI, R.J. Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes principais: um tutorial, parte I. **Química Nova**, v.35, n.1, p.223-229, 2012.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Guia ilustrativo para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira APG II**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2005.

THOMPSON, R. M. **Resistência de painéis de partículas orientadas (OSB) tratados termicamente frente ao intemperismo**. Brasília, 48 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

TORRES, S.S; JOMAAW, MARCF; PUIGGALI JR. Colour alteration and chemistry changes in oak wood (*Quercus pedunculata*.) during plain vacuum drying. **Wood Science Technology**, v.46, p.177–191, 2012.

TSUCHIKAWA, S. A Review of recent Near Infrared Research for wood and paper. **Taylor e Francis online**, v. 42, p. 1-22, 2007.

TSUCHIKAWA, S.; KOBORI, H. A review of recent application of near infrared spectroscopy to wood science and technology. **Journal of Wood Science**, v.61, p.213–220, 2015.

VASCONCELLOS, F. J.; SILVA, A. C.; FREITAS, J.A. Deposição de sílica e cristais no xilema de espécies tropicais da família Caesalpiniaceae. **Revista Árvore**, v.17, n.3, p. 369-374, 1993.

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; LENTINI, M. **Pólos madeireiros do Estado do Pará**. Belém: Imazon, 2002.

VIERA, D.S.; GAMA, J.R.V.; OLIVEIRA, M.L.R.; RIBEIRO, R.B.S. Análise estrutural e uso múltiplo de espécies arbóreas em florestas manejadas no médio vale do Rio Curuá-Una, Pará. **Floresta**, v. 45, p. 465-476, 2015.

WHEELER, E.A. InsideWood - a web resource for hardwood anatomy. **IAWA Journal**, v.32, p.199-211, 2011.

WOLD, S.; SJOSTROM, M. Chemometrics presente and future success and Inteligente Laboratory Systems. **Amsterdam**, v.44, p.3-14, 1998.

YAMADA, T.; YEH, T.F.; CHANG, H.M.; LI, L.; KADLA, J. F.; CHIANG, V. L. Rapid analysis of transgenic trees using transmittance near-infrared spectroscopy (NIR). **Holzforschung**, v.60, p.24-28, 2006.

YANG, J.L.; EVANS, R. Prediction of MOE of *Eucalyptus* wood from microfibril angle and density. **Holz als roh-und werkstoff**, v.61, n.6, p.449-452, 2003.

ZERBINI, N.J. **Madeiras tropicais com potencial comercial da região do Rio Xingu (Pará, Brasil): propriedades tecnológicas e cadeia produtiva**. Brasília, 187p. Tese (doutorado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia- Departamento de engenharia Florestal, 2008.

## APÊNDICE 1 – CLASSIFICAÇÃO SIMCA

(continua)

Pólos madeireiros	SIMCA - Espectro original Nir		SIMCA - Espectro original cor		SIMCA - Parâmetros L* a* b*	
	ST	SL	ST	SL	ST	SL
Anapu 6	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. tauari</i>		<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>			<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>			<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Anapu 7	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Breu Branco	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Goianésia				<i>C. guianensis</i>		
Maracajá	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
			<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
					<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
					<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
					<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Novo Progresso 17	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>			<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>				<i>C. pulchra</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. stellata</i>				<i>C. stellata</i>	<i>C. tauari</i>
	<i>C. tauari</i>				<i>C. tauari</i>	
Novo Progresso 20	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>		<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>		<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Pacajá	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>			<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>			<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>			<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>			<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Paragominas	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Altamira S1	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>			<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>			<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>			<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>



## APÊNDICE 1 – CLASSIFICAÇÃO SIMCA

(conclusão)

Pólos madeireiros	SIMCA - Espectro original Nir		SIMCA - Espectro original cor		SIMCA - Parâmetros L* a* b*	
	ST	SL	ST	SL	ST	SL
Altamira S2	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>		<i>C. pulchra</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>		<i>C. tauari</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>			<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>			<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Altamira S3	<i>C. guianensis</i>		<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>		<i>C. multiflora</i>		<i>C. multiflora</i>	
	<i>C. oblongifolia</i>		<i>C. oblongifolia</i>		<i>C. oblongifolia</i>	
	<i>C. pulchra</i>		<i>C. pulchra</i>		<i>C. pulchra</i>	
	<i>C. stellata</i>		<i>C. tauari</i>		<i>C. stellata</i>	
	<i>C. tauari</i>				<i>C. tauari</i>	
Altamira S4	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>		<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>		<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Tailândia	<i>C. guianensis</i>		<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>		<i>C. multiflora</i>		<i>C. multiflora</i>	
	<i>C. oblongifolia</i>		<i>C. oblongifolia</i>		<i>C. oblongifolia</i>	
			<i>C. pulchra</i>		<i>C. pulchra</i>	
			<i>C. tauari</i>		<i>C. stellata</i>	
					<i>C. tauari</i>	
Uruará 1	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>		<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>		<i>C. stellata</i>		<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>		<i>C. tauari</i>		<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Uruará 2	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. pulchra</i>		<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>				<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>				<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Uruará 3	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>		<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>		<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Uruará 4	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>
	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>			<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>
	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>			<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>

Em que: ST = Seção Transversal; SL = Seção Lateral.

## APÊNDICE 2 – ANÁLISE LINEAR DISCRIMINANTE (LDA) SOBRE DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE COLORIMETRIA QUANTITATIVA

Pólos madeireiros	Identificação anatômica	LDA - Espectro original		LDA - espectro original com segunda derivada		LDA - Parâmetros L* a* b*	
		ST	SL	ST	SL	L* a* b* (ST)	L* a* b* (SL)
Anapu 6	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Anapu 7	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. multiflora</i>
Breu Branco 30	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Goianésia 10	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Maracajá 25	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Novo Progresso S17	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Novo Progresso S20	<i>C. stellata</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
Pacajá 5	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Paragominas 8	<i>C. guianensis</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. tauari</i>
Altamira S1	<i>Eschweilera sp</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Altamira S2	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
Altamira S3	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Altamira S4	<i>C. stellata</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. pulchra</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. guianensis</i>
Tailândia 27	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Uruará S1	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Uruará S2	<i>C. stellata</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Uruará S3	<i>C. stellata</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. tauari</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Uruará S4	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>

Em que: ST = Seção Transversal; SL = Seção Lateral; LDA = Análise Discriminante Linear.

### APÊNDICE 3 – ANÁLISE DISCRIMINANTE LINEAR (LDA) SOBRE DIFERENTES ESPECTROS DO NIR

Pólos madeireiros	Identificação anatômica	LDA - Espectro original		LDA - Espectro original (4000 - 7500 cm <sup>-1</sup> )		LDA - Espectro segunda derivada		LDA espectro segunda derivada (4000-7500 cm <sup>-1</sup> )	
		ST	SL	ST	SL	ST	SL	ST	SL
Anapu 6	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Anapu 7	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Breu Branco 30	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Goianésia 10	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Maracajá 25	<i>C. guianensis</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Novo Progresso S17	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
Novo Progresso S20	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Pacajá 5	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Paragominas 8	<i>C. guianensis</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Altamira S1	<i>Eschweilera sp</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. multiflora</i>
Altamira S2	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Altamira S3	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Altamira S4	<i>C. stellata</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. multiflora</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Tailândia 27	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>
Uruará S1	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. guianensis</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Uruará S2	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Uruará S3	<i>C. stellata</i>	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>
Uruará S4	<i>C. stellata</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>	<i>C. oblongifolia</i>

Em que: ST = Seção Transversal; SL = Seção Lateral; LDA = Análise Discriminante Linear.